

CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL



**INSTITUTO FORESTAL
CHILE**



INFOR

VOLUMEN 19 N° 3

**CIENCIA E
INVESTIGACION
FORESTAL**

DICIEMBRE 2013

**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	Hans Grosse Werner	INFOR	Chile
Editor	Santiago Barros Asenjo	INFOR - IUFRO	Chile
Consejo Editor	Santiago Barros Asenjo	INFOR - IUFRO	Chile
	Braulio Gutiérrez Caro	INFOR	Chile
	Jorge Cabrera Perramón	INFOR	Chile
Comité Editor	José Bava	CIEFAP	Argentina
	Leonardo Gallo	INTA	Argentina
	Mónica Gabay	SAYDS	Argentina
	Heinrich Schmutzhenhofer	IUFRO	Austria
	Marcos Drumond	EMBRAPA	Brasil
	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	FAO	Italia
	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	USDAFS - IUFRO	USA	
Oswaldo Encinas	ULA	Venezuela	
Ignacio Díaz-Maroto	USC	España	

Dirección	INSTITUTO FORESTAL Sucre 2397 - Casilla 3085 Fono 56 2 3667115 Correo electrónico	Santiago, Chile www.infor.cl santiago.barros@infor.cl
-----------	--	---

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.

ANÁLISIS GENÉTICO UNIVARIADO DE CUATRO ENSAYOS DE PROGENIE Y PROCEDENCIA DE *Eucalyptus globulus* Labill EN CHILE. POTENCIAL GENÉTICO Y SILVÍCOLA

Ipinza, Roberto¹; Gutiérrez, Braulio² y Molina María Paz³

RESÚMEN

Se analiza cuatro ensayos de progenies de *Eucalyptus globulus* establecidos en Chile, entre las Regiones del Maule y Los Ríos (34° a 40° LS), que comprenden en promedio 35 procedencias y 224 familias.

El análisis genético corresponde a un análisis univariado para cada ensayo y para cada rasgo; altura y diámetro. Todos los componentes de varianza, heredabilidades y errores estándar asociados se estimaron mediante REML (Restricted Maximun Likelihood).

Se determina los componentes de varianza a través de un modelo mixto de árbol individual y se determina el parámetro genético heredabilidad para las variables altura y diámetro con su respectivo error estándar.

Durante todo el período de evaluación (2 a 83 meses) se observan tendencias crecientes en la varianzas fenotípica y genética aditiva. Esta última aumenta en menor proporción que la primera, siendo significativas las diferencias entre ambas al final de los 67 a 83 meses.

Para la altura el rango observado de valores de heredabilidad fluctúa entre 0,10 a 0,25. Para el diámetro los valores son superiores, fluctuando entre 0,10 a 0,28. Para ambos rangos se excluyó el ensayo de Tanumé por ser significativamente más joven que los otros ensayos.

Se analiza la estructura genética de la altura y diámetro en función de los componentes de varianza, se establece recomendaciones para cada ensayo y finalmente se discute el potencial genético y silvícola de la especie *E. globulus*

Palabras clave: *Eucalyptus globulus*, parámetros genéticos, heredabilidad

¹ Dr. Ingeniero de Montes, Sede Los Ríos, Instituto Forestal. Chile. roberto.ipinza@infor.cl

² Ingeniero Forestal, Sede Bio Bio, Instituto Forestal. Chile. bgutierr@infor.cl

³ Ingeniero Forestal MSc. Sede Bio Bio, Instituto Forestal. Chile. mmolina@infor.cl

SUMMARY

Four *Eucalyptus globulus* progeny tests, comprising an average of 35 provenances and 224 families, established in Chile between the regions of Maule and Los Ríos (34° to 40° SL) were analyzed.

Genetic analysis corresponds to a univariate analysis for each test and for each trait; height and diameter. All variance components, heritabilities and associated standard errors were estimated by REML (Restricted Maximum Likelihood).

Variance components are determined through a mixed model of individual tree. The genetic parameter heritability and its respective standard error were also determined.

Throughout the evaluation period (2-83 months) increasing trends were observed for phenotypical and additive genetical variances. The last one increases less than the first one, with significant differences between them at the end of 67-83 months.

The heritability for height varied from 0.10 to 0.25. For the diameter the values are higher, ranging from 0.10 to 0.28. Tanumé test was excluded of this analysis because it was significantly younger than the other trials.

The genetic structure of the height and diameter was analyzed in function of the variance components. Recommendations for each test are done. Finally, the genetic and silvicultural potential of the species *E. globulus* is discussed.

Keywords: *Eucalyptus globulus*, genetic parameters, heritability.

INTRODUCCION

Eucalyptus globulus Labill. es una especie de alta calidad y rendimiento pulpable (Cotterill y Brolin, 1997), la superficie de plantaciones a nivel mundial alcanza a 1,5 millones de hectáreas (Tibbits, *et al*, 1997).

En Chile existen ya 306.000 ha de plantaciones con esta especie (INFOR, 1997) y constituye la especie de rápido crecimiento productora de fibra corta de mayor importancia económica.

Su valor pulpable la convierte en la especie más apetecida por los fabricante de papel de escritura de alta calidad, la demanda por este tipo de papel continúa creciendo (Kellison, 1997), por lo que es de esperar que las plantaciones de *E. globulus* también continúen creciendo.

El programa de mejoramiento genético de esta especie en Chile se inició en forma independiente en dos líneas, la primera corresponde a la de la raza local, la que fue desarrollada para su primer ciclo de mejoramiento por Droppelmann y Delmastro (1988) y la otra línea fue iniciada con un programa de introducción de especies y procedencias por el Instituto Forestal en 1962.

Posteriormente, la fase de introducción de progenie y procedencia por Prado (1988), y el programa de mejora propiamente tal por Infante *et al.* (1991).

Ambos programas se encuentran finalizando sus respectivos ciclos generacionales. En el corto plazo el segundo programa deberá aportar variabilidad al primero. Una opción de infusión fue ya propuesta por Ipinza *et al.* (1994).

Los énfasis y matices que se presentan en una estrategia de mejora genética dependen del estado de domesticación en que se encuentra la especie y de la variación genética que existe entre y dentro de sus procedencias. El conocimiento de la heredabilidad de los caracteres comerciales y de la forma en que se distribuye la variación genética son también fundamentales para optimizar las ganancias genéticas por unidad de tiempo (Griffin, 1994).

El presente artículo tiene como objetivo analizar las diferencias de los componentes de varianza en cuatro ensayos de progenie y procedencias y cómo cada uno de ellos varia a diferentes edades. También se estima el parámetro genético heredabilidad y su error estándar. Las estimaciones se realizan mediante el modelo de árbol individual definido por Borralho (1995).

MATERIAL Y MÉTODO

Colección de Semillas

La colección de semillas para estos ensayos fue adquirida al Centro de Semillas de CSIRO⁴, Australia, y corresponde a la colección de Gardiner y Crawford (1988) (Cuadro N° 1). Entre los criterios de selección de los árboles se encuentran: tamaño, vigor, forma del fuste, tipo de copa y tipo de rama (Prado y Alvear, 1994). La colección para Chile contempla 224 familias individualizadas en 35 lugares de colección o procedencias.

La colección cubre toda la distribución natural de la especie: sur del Estado de Victoria; las islas del estrecho de Bass y Tasmania (Figura N° 1).

⁴ Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization

Cuadro N° 1
ANTECEDENTES DE LA COLECCIÓN DE SEMILLAS DE *E. globulus*
DE LOS ENSAYOS DE PROCEDENCIA Y PROGENIE DEL INSTITUTO FORESTAL

N°	Código	Procedencia		Familias (N°)	Latitud (LS)	Longitud (LO)	Altitud (msnm)
		Lugar	Estado				
1	16223	W Apollo Bay	VIC	4	38° 46'	143° 32'	200
2	16224	S W Apollo Bay		7	30° 49'	143° 34'	145
3	16240	Otway State Forest		18	38° 25'	143° 27'	150
4	16319	Jeeralang North		30	38° 19'	146° 36'	220
5	16398	Hodgson Hedley		6	38° 38'	146° 30'	20
6	16399	Wilson's Promontory		9	39° 08'	146° 25'	60
7	16400	N Toora		2	38° 37'	146° 21'	180
8	16402	W Kennett River		6	38° 39'	143° 48'	250
9	16406	NW of Lorne		6	38° 31'	143° 57'	210
10	16407	W Lorne		9	38° 31'	143° 56'	210
11	16410	Badgers CK Quarry	TAS	9	41° 59'	145° 18'	120
12	16411	Binalong Bay		7	41° 16'	148° 18'	120
13	16412	Little Henty River		6	41° 56'	145° 12'	10
14	16417	N of Cape Barren I.		5	40° 22'	148° 13'	20
15	16419	NW of Cape Barren I.		7	40° 21'	148° 07'	20
16	16421	SW of Cape Barren I.		4	40° 26'	148° 03'	40
17	16422	Macquarie Harbour		3	42° 20'	145° 20'	20
18	16424	King Island		4	40° 00'	144° 00'	60
19	16425	S of Flinders I.		3	40° 14'	148° 08'	120
20	16426	NW of Flinders I.		1	39° 46'	147° 52'	20
21	16427	N of Flinders I.		3	39° 45'	147° 57'	40
22	16429	Central Flinders I.		5	39° 55'	147° 57'	40
23	16431	Central Flinders I.		8	40° 02'	148° 01'	190
24	16432	E Flinders I.		1	39° 59'	148° 11'	60
25	16433	Central Flinders I.		3	40° 04'	148° 04'	200
26	16434	S of Flinders I.		3	40° 16'	148° 10'	40
27	16470	Moogara		16	42° 47'	146° 55'	500
28	16471	NW Dover		5	43° 16'	146° 59'	190
29	16472	Ellendale		5	42° 38'	146° 42'	460
30	16473	New Norfolk		4	42° 43'	147° 09'	300
31	16474	N of ST Marys		5	41° 34'	148° 12'	400
32	16475	SW of Jericho		5	42° 25'	147° 16'	500
33	16476	S of Geeveston		7	43° 12'	146° 54'	250
34	16477	N of Geeveston		3	43° 08'	146° 57'	200
35	16478	Tasman Peninsula		5	43° 04'	147° 50'	20



FIGURA Nº 1
PROCEDENCIAS DE SEMILLA DE *Eucalyptus globulus*

Individualización de los Ensayos, Diseño y Mediciones

Los ensayos fueron establecidos entre 1989 y 1991 en cuatro localidades del país (Cuadro Nº 2). Se utilizó plantas en maceta de uno y dos años en vivero y técnicas de establecimiento intensivas que contemplaron preparación del suelo con subsolador, control de malezas y fertilización inicial.

Como diseño estadístico se utilizó el de bloques de familias compactas, equivalente al de parcelas divididas (*split plots*) en su distribución en el campo. En este esquema la parcela principal está compuesta por la procedencia y dentro de esta se distribuyen al azar las progenies, representadas por parcelas de cuatro plantas en línea.

Cada ensayo está conformado por 8 a 10 bloques y está rodeado por dos hileras perimetrales de plantas de aislación para eliminar el efecto de borde.

En el análisis genético se excluyó la procedencia Wilsons Promontory, dado que su reducido tamaño sugiere un uso no maderero, por los menos en su forma actual.

Cuadro Nº 2
UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS CONSIDERADOS EN EL ANÁLISIS

Ensayo	Región y Comuna	Latitud S	Longitud W	Establecimiento	Progenies (Nº)
San Agustín	Bío Bío - Cauquenes	35° 57'	72° 05'	Jul. 1989	224
Los Copihues	Los Ríos - Paillaco	40° 01'	73° 00'	Sept. 1989	226
Los Hermanos	Bío Bío - Los Alamos	37° 41'	73° 66'	Ago. 1989	210
Tanumé	O'Higgins - Pichilemu	34° 13'	71° 54'	Jun. 1991	78

En el Cuadro Nº 3 se indica las variables evaluadas en cada ensayo y el momento en que se hizo las mediciones.

Cuadro N° 3
VARIABLES EVALUADAS Y OPORTUNIDAD DE LAS MEDICIONES

Ensayo	Mes de Control	Año de Control	Variables (¹)
San Agustín (raleo)	Noviembre	1989	ALT
	Marzo	1990	ALT-DAC
	Abril	1991	ALT-DAC
	Mayo	1993	ALT-DAP
	Junio	1994	ALT-DAP
	Junio	1995	ALT-DAP
	Junio	1996	ALT-DAP
Los Copihues	Noviembre	1989	ALT-DAC
	Marzo	1990	ALT-DAC
	Mayo	1991	ALT-DAC
	Agosto	1993	ALT-DAP
	Abril	1995	ALT-DAP
Los Hermanos	Octubre	1989	ALT-DAC
	Abril	1990	ALT-DAC
	Marzo	1991	ALT-DAC
	Abril	1993	ALT-DAP
	Marzo	1995	ALT-DAP
Tanumé	Diciembre	1991	ALT-DAC
	Marzo	1992	ALT-DAC
	Marzo	1993	ALT-DAC
	Marzo	1995	ALT-DAP

(¹) ALT = Altura (m)

DAC = Diámetro a la altura del cuello (cm)

DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)

Las líneas coloreadas destacan que las variables son altura y DAP, igual señal se incluye en todos los cuadros en adelante.

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis univariado por ensayo y edad para las variables consideradas, altura y diámetro. Los registros de la base de datos fueron ordenados por sitio y contienen información para ambas variables.

Fueron eliminados del análisis los árboles muertos, con daños o con más de un fuste. Se utilizó un modelo de árbol individual (*animal model*) definido por Borralho (1995) mediante la siguiente expresión:

$$y = Xb + Z_u u + Z_p p + e$$

Donde:

- Y:** Es el vector de las observaciones para altura o diámetro en cada uno de los sitios
- B:** Es el vector de parámetros para los efectos fijos, para este análisis univariado se considera la procedencia y bloque
- U:** Es el vector de valores genéticos para cada una de las variables dentro de cada sitio, $u \sim (0, \sigma^2 G)$
- P:** Es el vector de efectos aleatorios de parcela (bloque*familia)
- e:** Es el vector de residuos aleatorios, $e \sim (0, \sigma^2 R)$.
- X, Z_u y Z_p:** Representan respectivamente las matrices de diseño para los efectos fijos, valores genéticos y efectos de parcela.

ASREML (Gilmour *et al.*, 1995) permite que tanto **G** y **R** se definan como la suma directa de los productos directos de las matrices de covarianza parametrizadas.

El análisis de datos se llevó a cabo para cada variable en cada sitio (es decir un subconjunto del modelo multisitio, incluyendo bloque, procedencia, valor genético del árbol, el efecto parcela y error). Esto permite obtener unos valores que, aunque pueden ser considerados iniciales para los componentes de varianza, permiten alcanzar la mejor predicción lineal insesgada (BLUP) de los valores genéticos usando las ecuaciones de modelos lineales mixtos de Henderson (1984). Una explicación más detallada de los modelos mixtos en Ipinza (1997).

Los componentes de varianza fueron estimados usando Máxima Verosimilitud Restringida (REML) Patterson y Thompson (1971). Para esto se utilizó el programa ASREML (Gilmour *et al.*, 1995, Gilmour *et al.*, 1997), que mediante el uso de un algoritmo iterativo de información promedio y técnicas de *sparse matrices* reduce en forma considerable los tiempos de análisis y requerimientos computacionales.

Además de los componentes de varianza, se estimó las heredabilidades (h^2), con su correspondiente error estándar (E.E).

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_p^2 + \sigma_e^2}$$

$$E.E = \sqrt{\text{Var}\left(\frac{\sigma_a^2}{\sigma_f^2}\right)} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_a^2}{\sigma_f^2}\right)^2 \times \left(\frac{\text{Var}(\sigma_a^2)}{\sigma_f^4} + \frac{\text{Var}(\sigma_f^2)}{\sigma_f^4} - \frac{2\text{Cov}(\sigma_a^2, \sigma_f^2)}{(\sigma_a^2 \times \sigma_f^2)}\right)}$$

Los errores estándares de los parámetros genéticos fueron obtenidos directamente con ASREML, basado en los términos de la inversa de la matriz de coeficientes de las ecuaciones de modelos lineales (Gilmour *et al.*, 1997).

Coefficiente de Parentesco (r)

La biología reproductiva y características ecológicas del género *Eucalyptus* permiten la existencia de autopolinización y de muy pocos padres contribuyendo con polen. Esto causa relaciones de parentesco más complejas que medios hermanos y conduce a una sobreestimación de las heredabilidades (Squillace 1974, Askew y El-Kassaby, 1994).

Para enfrentar este problema estos autores han propuesto corregir el coeficiente de parentesco (r) utilizando información de la proporción de autopolinización y del número y características de los progenitores contribuyendo con polen. La corrección depende fuertemente del nivel de autopolinización supuesto.

Un enfoque alternativo fue propuesto por Jarvis *et al.* (1995) y Borralho y Potts (1996), incluyendo un efecto fijo adicional en el modelo, considerando el tipo de rodal en que fue colectada la semilla establecida en los ensayos. El uso de este método produjo reducciones no significativas de heredabilidad de entre 4% y 13% (Borralho y Potts 1996).

Ipinza *et al.* (1994) utilizan para *E. globulus* un coeficiente de parentesco (r) de 0,35 para progenies originadas de polinización abierta. Este valor está basado en el supuesto que el 20% de la progenie de este tipo de ensayo fue originado por autofecundación.

Este coeficiente puede ser leído directamente de la tabla de Squillace (1974) bajo la suposición que hay 20% de autofecundación y en la polinización participan 30 donantes de polen no emparentados. También a base de este criterio se estimaron las heredabilidades para esta especie obtenidas por Prado y Alvear (1994).

No obstante Potts *et al.* (1995) recomiendan usar un coeficiente de parentesco de 0,4. Este coeficiente asume una tasa de exogamia del 30% que es considerada como un promedio para eucalipto, y por esto es solo una aproximación.

Los mencionados autores establecen que el uso de este valor de coeficiente de parentesco es para estandarizar los informes de heredabilidad para ensayos de progenie de polinización abierta de eucalipto.

RESULTADOS

Supervivencia por Ensayo y Edad

Para cada uno de los ensayos se muestra en el Cuadro N° 4 el número de árboles totales, el número de árboles efectivos y la supervivencia expresada en porcentaje.

En el Cuadro N° 4 se aprecia una supervivencia inicial muy alta, la que al transcurrir el tiempo se mantiene a excepción de San Agustín (Región del Maule), donde a partir del mes 71 de vida decae fuertemente, y Los Copihues (Región de Los Ríos), donde a partir del mes 47 se experimenta un aumento en la mortalidad debido a la acción de nevazones.

En el caso de San Agustín los valores de mortalidad no son interpretables directamente, pues se manifestó un severo ataque de *Phoracantha semipunctata* (Coleóptera, Cerambycidae) y el ensayo fue sometido a un raleo tendiente a eliminar a la mitad de los individuos representados, dejando prevalecer en cada parcela a 2 de los 4 árboles que la conformaban.

El raleo utilizado es un tratamiento silvicultural, por lo bajo es decir se extrajo los individuos débiles o muertos por el insecto. El insecto normalmente ataca a los individuos que presentan un estrés frente a sequía.

Desde el punto de vista genético, el raleo altera la estructura normal de las familias, la sesgo hacia la derecha de la distribución de diámetro o altura.

**Cuadro Nº4
SUPERVIVENCIA POR ENSAYO Y EDAD**

Ensayo	Mes	ÁrbolesTotales (N°)	Árboles Efectivos (N°)	Supervivencia (%)
San Agustín (raleo)	4	8.720	8.713	99,9
	8	8.720	8.279	94,9
	21	8.720	7.922	90,8
	46	8.720	7.448	85,4
	59	8.720	7.377	84,6
	71	8.720	3.811	43,7
	83	8.720	3.382	38,8
Los Copihues	2	8.680	8.589	98,9
	6	8.680	8.343	96,1
	20	8.680	8.000	92,2
	47	8.680	6.739	77,6
	67	8.680	6.646	76,6
Los Hermanos	2	7.740	7.735	99,9
	8	7.740	7.627	98,5
	19	7.740	7.492	96,8
	44	7.740	7.311	94,5
	67	7.740	7.280	94,0
Tanumé	6	120	120	100,0
	9	120	120	100,0
	21	120	118	98,3
	45	120	117	97,5

Estadísticos Básicos por Rasgos, Ensayos y Edad

En los Cuadros Nº 5 y Nº 6 se indica los valores mínimos, medios y máximos alcanzados en cada medición para los rasgos altura y diámetro, en cada uno de los ensayos considerados.

La variable altura promedio a los 67 meses exhibe el mayor valor en Los Hermanos (Región del Bio Bio), luego le siguen San Agustín (Región del Maule) y Los Copihues (Región de Los Ríos). También se encuentra la máxima altura individual en el ensayo Los Hermanos. Los valores que muestra Tanumé (Región de O'Higgins) a los 45 meses, aun cuando son menores, resultan interesantes dado que es el ensayo ubicado más al N, zona con las menores precipitaciones medias anuales de los cuatro ensayos.

En el Cuadro Nº 6, se aprecia que el ensayo de mayor diámetro corresponde también a Los Hermanos a los 67 meses de edad. El ensayo Tanumé muestra para el diámetro las mismas tendencias observadas para la variable altura. Se debe recordar que la zona coloreada del cuadro indica el DAP.

Cuadro Nº 5
VALOR MÍNIMO, MEDIA Y VALOR MÁXIMO PARA EL RASGO ALTURA

Ensayo	Mes	Mínimo	Media	Máximo
		(m)		
San Agustín (raleo)	4	0,100	0,411	0,900
	8	0,200	0,741	2,000
	21	0,200	2,387	5,700
	46	0,300	5,082	10,500
	59	0,900	7,153	15,000
	71	1,500	9,683	15,500
	83	2,400	12,080	18,500
Los Copihues	2	0,100	0,273	0,900
	6	0,100	0,842	1,500
	20	0,300	1,651	3,800
	47	0,300	4,811	11,000
	67	0,600	9,015	15,700
Los Hermanos	2	0,100	0,275	0,700
	8	0,100	0,790	1,900
	19	0,300	2,251	5,000
	44	0,300	7,724	12,500
	67	0,700	12,888	20,500
Tanumé	6	0,400	0,869	1,200
	9	0,600	1,158	2,000
	21	1,200	2,583	4,300
	45	3,400	7,561	12,000

Cuadro N° 6
VALOR MÍNIMO, MEDIA Y VALOR MÁXIMO PARA EL RASGO DIÁMETRO

Ensayo	Mes	Mínimo	Media	Máximo
		(cm)		
San Agustín	4	-	-	-
	8	0,200	1,196	3,200
	21	0,300	3,650	9,400
	46	0,300	4,711	13,000
	59	0,400	6,185	14,600
	(raleo) 71	0,500	8,347	18,000
	83	2,100	11,272	25,000
Los Copihues	2	-	-	-
	6	0,100	0,807	1,900
	20	0,300	2,121	5,700
	47	0,200	4,345	11,600
	67	0,300	8,175	19,900
Los Hermanos	2	-	-	-
	8	0,200	1,288	3,200
	19	0,200	3,228	7,600
	44	0,300	6,828	13,000
	67	0,300	10,772	21,000
Tanumé	6	0,300	0,720	1,400
	9	0,600	1,395	2,700
	21	0,500	3,988	6,900
	45	2,000	6,354	13,400

Componentes de Varianza por Rasgos, Ensayos y Edad

En los Cuadros N° 7 y N° 8 se indica las estimaciones de los componentes de varianza del efecto árbol ($\sigma^2_{\text{árbol}}$), del efecto parcela ($\sigma^2_{\text{parcela}}$), que corresponde a la interacción $\sigma^2_{\text{bloque} \times \text{familia}}$ y al error (σ^2_{error}) con sus respectivos errores estándares para los rasgos altura y diámetro en cada una de las edades consideradas.

En el Cuadro N° , para la variable altura , se observa que el efecto árbol aumenta en relación directa a la edad, con excepción del ensayo San Agustín (Región del Bio Bio) que muestra a la edad de 71 meses una leve disminución, que coincide con la aplicación del raleo fitosanitario que fue necesario aplicar.

Una proporcionalidad directa también se observa en el efecto parcela y el error para el rasgo altura. No obstante, la componente del error es normalmente más grande. A excepción del ensayo San Agustín que exhibe a los 71 y 83 meses valores similares en el efecto parcela y en el efecto error.

En el ensayo Los Hermanos el efecto árbol es mayor que el efecto parcela, similar tendencia se observa en el ensayo Tanumé. En cambio, en los ensayos San Agustín y Los Copihues el efecto parcela es ligeramente mayor que el efecto árbol.

Cuadro N° 7
ESTIMACIÓN DE COMPONENTES DE VARIANZA Y ERRORES ESTÁNDARES PARA EL RASGO ALTURA

Ensayo	Mes	σ^2_{arbol}	E.E	$\sigma^2_{\text{parcela}}^1$	E.E	σ^2_{error}	E.E
		(m)					
San Agustín (raleo)	4	0,0044	0,0005	0,0004	0,0001	0,00207	0,000408
	8	0,0081	0,0014	0,0055	0,0004	0,01947	0,001124
	21	0,0707	0,0150	0,1015	0,0058	0,21150	0,012296
	46	0,2250	0,0717	0,7086	0,0362	1,13569	0,059585
	59	0,5695	0,1427	1,2237	0,0625	1,77520	0,115423
	71	0,4764	0,1777	1,5950	0,0929	1,48845	0,146357
	83	0,7718	0,2590	1,9082	0,1290	1,99948	0,215694
Los Copihues	2	0,0006	-	0,0001	-	0,00000	-
	6	0,0056	0,0010	0,0044	0,0003	0,01498	0,000822
	20	0,0364	0,0066	0,0312	0,0021	0,09101	0,005398
	47	0,4401	0,1076	0,8415	0,0454	1,23034	0,087011
	67	1,2963	0,2542	1,3988	0,0879	2,60992	0,204700
Los Hermanos	2	0,0009	0,0444	0,0003	0,0154	0,00000	-
	8	0,0126	0,0020	0,0074	0,0005	0,01310	0,001558
	19	0,1023	0,0191	0,1077	0,0059	0,15948	0,015046
	44	0,8174	0,1417	0,5314	0,0397	1,58580	0,114333
	67	3,4101	0,4858	0,6692	0,0901	4,13581	0,386886
Tanumé	6	0,0012	0,0002	0,0123	0,0052	0,01210	0,001803
	9	0,0039	0,0006	0,0095	0,0069	0,03910	0,005827
	21	0,0240	0,0036	0,0021	0,0260	0,24007	0,036155
	45	0,2115	0,0321	0,1822	0,2719	2,11537	0,320511

$$^1 \sigma^2_{\text{parcela}} = \sigma^2_{\text{bloque} \cdot \text{familia}}$$

Para el diámetro, en el Cuadro N° 8 se observa que las tendencias de la altura se mantienen. El efecto parcela sigue siendo mayor en el ensayo San Agustín.

Similar tendencia se observa en Los Copihues, salvo en la última medición donde la relación se invierte.

El ensayo San Agustín y Los Copihues son ensayos localizados en sitios muy heterogéneos.

En el ensayo Los Hermanos el efecto árbol es claramente mayor, en cambio en el ensayo Tanumé ambos efectos presentan niveles similares.

Cuadro N° 8
ESTIMACIÓN DE COMPONENTES DE VARIANZA Y ERRORES ESTÁNDARES PARA EL RASGO
DIÁMETRO

Ensayo	Mes	σ^2_{arbol}	E.E	$\sigma^2_{\text{parcela}}^1$	E.E	σ^2_{error}	E.E
		(cm)					
San Agustín (raleo)	4	-	-	-	-	-	-
	8	0,0154	0,0035	0,0196	0,0014326	7,65E-02	0,0030469
	21	0,1949	0,0414	0,2454	0,0161126	0,71512	0,0349520
	46	0,2900	0,0884	0,6998	0,0440386	1,87928	0,0779461
	59	0,7708	0,1630	0,9777	0,0625900	2,39704	0,1356559
	71	0,9439	0,2818	1,9628	0,1363975	2,56667	0,2367777
83	1,0355	0,3659	2,5029	0,1920860	3,48908	0,3148989	
Los Copihues	2	-	-	-	-	-	-
	6	0,0057	0,0011	0,0053	0,000415	2,27E-02	0,0009889
	20	0,0730	0,0166	0,0979	0,0067586	0,325803	0,0142708
	47	0,6923	0,1584	1,1138	0,063899	1,86349	0,128783
	67	2,6701	0,4636	1,7997	0,1370663	4,65017	0,3744098
Los Hermanos	2	-	-	-	-	-	-
	8	0,0178	0,0051	0,0422	0,0023721	8,83E-02	0,0042947
	19	0,1809	0,0380	0,2351	0,0137554	0,477626	0,0308146
	44	1,5099	0,2367	0,6696	0,0559363	2,23973	0,1891664
	67	5,3782	0,7367	0,6102	0,1220346	6,0005	0,5859863
Tanumé	6	0,0026	0,0004	0,0093	0,0055536	2,62E-02	0,0039046
	9	0,0099	0,0015	0,0192	0,0157377	9,90E-02	0,0147541
	21	0,0896	0,0135	0,0737	0,1116667	0,89579	0,1351116
	45	0,3144	0,0476	0,1489	0,3631659	3,14433	0,4764136

$$^1 \sigma^2_{\text{parcela}} = \sigma^2_{\text{bloque}} * \text{familia}$$

Nivel de Importancia de los Componentes de Varianza por Rasgos, Ensayos y Edad

En los Cuadros N° 9 y N° 10 se determinan los niveles de explicación de los componentes de varianza en relación a la varianza fenotípica para el rasgo altura y diámetro, respectivamente.

En el Cuadro N° 9 se muestra que para la altura el efecto aditivo del árbol tiende a disminuir su importancia a medida que progresa la edad, salvo en sus mediciones finales donde ocurre un incremento. Una excepción a esta tendencia se muestra en Tanumé con un ligero incremento desde el inicio. El efecto parcela se incrementa desde el inicio en San Agustín y Los Copihues y luego disminuye ligeramente. Los Hermanos, presenta una conducta más errática aunque al final alcanza niveles muy bajos. El ensayo Tanumé también muestra una fuerte disminución.

La conducta del efecto error es más compleja, ya que siempre presenta un mayor nivel de explicación en las mediciones finales de altura en cada uno de los ensayos, pero es dentro del ensayo Tanumé donde se muestran los mayores valores.

Cuadro N° 9
NIVELES DE EXPLICACIÓN DE LOS COMPONENTES DE VARIANZA¹ EN RELACIÓN A LA VARIACIÓN
FENOTÍPICA² PARA EL RASGO ALTURA

Ensayo	Mes	$(\sigma^2_{\text{arbol}}/\sigma^2_{\text{fenotipica}})*100$	$(\sigma^2_{\text{parcela}}/\sigma^2_{\text{fenotipica}})*100$	$(\sigma^2_{\text{error}}/\sigma^2_{\text{fenotipica}})*100$
San Agustín (raleo)	4	64,24	5,46	30,30
	8	24,43	16,64	59,01
	21	18,43	26,45	55,13
	46	10,88	34,25	54,89
	59	15,96	34,30	49,75
	71	13,38	44,80	41,81
	83	16,49	40,77	42,72
Los Copihues	2	85,94	13,99	0,01
	6	22,42	17,53	60,14
	20	22,94	19,68	57,42
	47	17,52	33,50	48,98
	67	24,44	26,37	49,20
Los Hermanos	2	74,00	25,58	0,00
	8	38,07	22,33	39,58
	19	27,69	29,15	43,15
	44	27,85	18,10	54,03
	67	41,51	8,15	50,34
Tanumé	6	4,75	48,24	47,45
	9	7,46	18,05	74,62
	21	9,02	0,78	90,22
	45	8,43	7,26	84,31

¹ Varianza (σ^2_{arbol} , $\sigma^2_{\text{parcela}}$ = $\sigma^2_{\text{bloque*familia}}$ y σ^2_{error})

² Variación fenotípica ($\sigma^2_{\text{fenotipica}}$ = σ^2_{arbol} + $\sigma^2_{\text{parcela}}$ + σ^2_{error})

En el Cuadro N° 10, se aprecia la importancia del efecto árbol para la variable diámetro, la que es bastante fluctuante en el ensayo San Agustín, algo errática en los Copihues y en cambio en Los Hermanos y Tanumé aumenta sistemáticamente.

El efecto parcela tiende a aumentar en San Agustín, aumenta a cierta edad en Los Copihues y disminuyen sistemáticamente en Los Hermanos y Tanumé.

La importancia del efecto error a medida que progresa la edad en general tiende a la disminución a excepción del ensayo Tanumé en el que tiende a aumentar.

Cuadro N° 10
NIVELES DE EXPLICACIÓN DE LOS COMPONENTES DE VARIANZA¹ EN RELACIÓN A LA VARIACIÓN FENOTÍPICA² PARA EL RASGO DIÁMETRO

Ensayo	Mes	$(\sigma^2_{\text{arbol}}/\sigma^2_{\text{fenotipica}})*100$	$(\sigma^2_{\text{parcela}}/\sigma^2_{\text{fenotipica}})*100$	$(\sigma^2_{\text{error}}/\sigma^2_{\text{fenotipica}})*100$
San Agustín (raleo)	4	-	-	-
	8	13,81	17,54	68,64
	21	16,88	21,25	61,91
	46	10,11	24,39	65,50
	59	18,59	23,58	57,82
	71	17,25	35,86	46,90
	83	14,74	35,62	49,65
Los Copihues	2	-	-	-
	6	16,97	15,65	67,32
	20	14,71	19,70	65,59
	47	18,86	30,35	50,78
	67	29,28	19,73	50,99
Los Hermanos	2	-	-	-
	8	12,01	28,48	59,58
	19	20,25	26,30	53,44
	44	34,17	15,15	50,68
	67	44,86	5,09	50,05
Tanumé	6	6,86	24,42	68,59
	9	7,73	14,99	77,28
	21	8,46	6,96	84,59
	45	8,71	4,13	87,15

¹ Varianza ($\sigma^2_{\text{arbol}}; \sigma^2_{\text{parcela}} = \sigma^2_{\text{bloque} \times \text{familia}} \text{ y } \sigma^2_{\text{error}}$)

² Variación fenotípica ($\sigma^2_{\text{fenotipica}} = \sigma^2_{\text{arbol}} + \sigma^2_{\text{parcela}} + \sigma^2_{\text{error}}$)

Heredabilidad por Rasgos, Ensayos y Edad

En los Cuadros N° 11 y N° 12 se muestra la variación fenotípica ($\sigma^2_{\text{fenotipica}}$), la varianza aditiva ($\sigma^2_{\text{aditiva}}$), la heredabilidad individual (h^2_i) y su respectivos errores estándares para la variable altura y diámetro, respectivamente.

En el Cuadro N° 11 se aprecia que la heredabilidad de la altura tiende a disminuir con la edad. No obstante, la última edad exhibe un incremento, que es muy importante en el ensayo Los Hermanos, alcanzando una heredabilidad de 0,26 (E=0,03).

Si se excluye Tanumé, las heredabilidad en altura fluctúa entre 0,10 a 0,25. Para el diámetro los valores son algo superiores y fluctúan entre 0,11 a 0,28.

Cuadro N° 11
ESTIMACIÓN DE LA VARIANZA FENOTÍPICA TOTAL¹, VARIANZA ADITIVA², HEREDABILIDAD
INDIVIDUAL³ Y SU RESPECTIVO ERROR ESTÁNDAR PARA EL RASGO ALTURA

Ensayo	Mes	σ^2 fenotípica	σ^2 aditiva	h^2_i	E.E
San Agustín (raleo)	4	0,0068	0,0027	0,4015	0,0414
	8	0,0330	0,0050	0,1526	0,0246
	21	0,3836	0,0442	0,1152	0,0237
	46	2,0690	0,1406	0,0680	0,0214
	59	3,5680	0,3559	0,0997	0,0243
	71	3,5600	0,2977	0,0836	0,0307
	83	4,6800	0,4824	0,1031	0,0339
Los Copihues	2	0,0006	0,0003	0,5374	*
	6	0,0249	0,0035	0,1400	0,0239
	20	0,1585	0,0227	0,1433	0,0248
	47	2,5120	0,2750	0,1095	0,0261
	67	5,3050	0,8102	0,1527	0,0286
Los Hermanos	2	0,0012	0,0006	0,4644	0,0253
	8	0,0331	0,0079	0,2386	0,0347
	19	0,3696	0,0640	0,1731	0,0307
	44	2,9350	0,5108	0,1741	0,0285
	67	8,2150	2,1310	0,2594	0,0336
Tanumé	6	0,0255	0,0008	0,0295	0,0065
	9	0,0524	0,0024	0,0466	0,0065
	21	0,2661	0,0150	0,0564	0,0052
	45	2,5090	0,1322	0,0527	0,0059

¹ Varianza fenotípica total ($\sigma^2_{\text{fenotípica}}$)

² Varianza aditiva ($\sigma^2_{\text{aditiva}}$)

³ Heredabilidad individual (h^2_i)

* Valores muy bajos

Cuadro N° 12
ESTIMACIÓN DE LA VARIANZA FENOTÍPICA TOTAL¹, VARIANZA ADITIVA², HEREDABILIDAD
INDIVIDUAL³ Y SU RESPECTIVO ERROR ESTÁNDAR PARA EL RASGO DIÁMETRO

Ensayo	Mes	$\sigma^2_{\text{fenotípica}}$	$\sigma^2_{\text{aditiva}}$	h^2_i	E.E
San Agustín (raleo)	4	-	-	-	-
	8	0,1115	0,0096	0,0863	0,0189
	21	1,1550	0,1218	0,1054	0,0217
	46	2,8690	0,1813	0,0632	0,0190
	59	4,1460	0,4818	0,1162	0,0238
	71	5,4730	0,5899	0,1078	0,0314
	83	7,0270	0,6472	0,0921	0,0320
Los Copihues	2	-	-	-	-
	6	0,0337	0,0036	0,1061	0,0207
	20	0,4967	0,0457	0,0919	0,0203
	47	3,6700	0,4327	0,1179	0,0262
	67	9,1200	1,6690	0,1830	0,0300
Los Hermanos	2	-	-	-	-
	8	0,1482	0,0111	0,0748	0,0213
	19	0,8937	0,1131	0,1266	0,0257
	44	4,4190	0,9437	0,2135	0,0311
	67	11,9900	3,3610	0,2804	0,0346
Tanumé	6	0,0382	0,0016	0,0429	0,0067
	9	0,1281	0,0062	0,0483	0,0063
	21	1,0590	0,0560	0,0529	0,0058
	45	3,6080	0,1965	0,0545	0,0056

¹ Varianza fenotípica total ($\sigma^2_{\text{fenotípica}}$)

² Varianza aditiva ($\sigma^2_{\text{aditiva}}$)

³ Heredabilidad individual (h^2_i)

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Eucalyptus globulus representa la especie de mayor interés para el cultivo de eucaliptos en Chile, dadas sus bondades en la producción de fibra corta que a su vez origina uno de los papeles de mayor calidad. También se destaca por la obtención de otros productos industriales de alto valor agregados, tales como chapas, parquet, aceites esenciales y otros. Además su amplia capacidad de adaptación a distintas situaciones ecológicas, que deben incluir zonas libres de heladas y la ausencia de plagas y enfermedades relevantes le confieren características únicas para su cultivo.

La productividad forestal de la especie está influenciada por varios factores, de los cuales los más relevantes están ligados a la calidad genética del material reproductivo. Es claro que los análisis individuales tienden a sobrestimar los parámetros genéticos, tales como la heredabilidad, no obstante son un buen punto de partida en la caracterización de la estructura genética de las poblaciones bases de la especie en Chile.

La estimación de los parámetros genéticos permite obtener información para conocer la

naturaleza de la acción génica, envuelta en la herencia de los caracteres, y proporcionar las bases para la definición de los programas de mejora de la población, además de dirigir adecuadamente los esquemas de selección y la evaluación de los progresos esperados a través de los mismos.

La mejor forma de conocer el valor genético de los árboles es a través de ensayos de progenie instalados tanto a partir de semilla de polinización abierta como de cruzamientos controlados. Esto también permite estimar los parámetros genéticos, posibilitando de esta forma la selección de nuevos individuos superiores.

Los parámetros genéticos se obtienen a partir de la estimación de los componentes de varianza del ensayo evaluado. Aunque existen muchos procesos para estimar los componentes de varianza, el de la máxima verosimilitud restringida (REML) es el más apropiado para trabajar con ensayos de progenie. Este método no requiere una demanda especial sobre el tipo de diseño o sobre el balance de los datos.

Uno de los objetivos más comunes de obtener las varianzas genéticas es la estimación de la heredabilidad. Este parámetro se puede definir como la relación entre la varianza genética aditiva y la varianza total, que puede ser atribuida a un efecto medio de los genes. El conocimiento de la heredabilidad es fundamental en los programas de mejora, ya que permite la predicción de las ganancias genéticas, auxiliando en la selección y establecimiento de métodos apropiados de mejora para las especies estudiadas.

En términos generales, en los cuatro ensayos analizados se observa heredabilidades individuales moderadas para diámetro y altura, siendo ligeramente más alta para el DAP (0,11 a 0,28) que para la altura (0,10 a 0,26). En su extremo superior estos valores son similares en magnitud a los señalados por Cornelius (1994) en un compendio de valores de heredabilidad obtenidos por diversos autores. En este documento se señala como el valor medio de heredabilidad individual para altura 0,28 y para el diámetro 0,23, verificándose una tendencia inversa la observada en este estudio, donde la heredabilidad del diámetro resulta mayor que la de la altura. A este respecto, un estudio similar realizado con ensayos de *Eucalyptus nitens* (Ipinza et al, 1997) señala una tendencia inversa a esta y coincidente con la señalada por Cornelius (1994).

Las fluctuaciones observadas en los valores de heredabilidad durante el tiempo son consecuencia de los valores adoptados por la varianza fenotípica y la varianza genética aditiva. Estos dos parámetros se presentan crecientes en término absolutos en función de la edad. El primero (varianza fenotípica) es creciente debido a la acumulación de los efectos ambientales sobre las plantas, las cuales en un comienzo son muy homogéneas. El segundo (varianza genética aditiva) es creciente como consecuencia de la expresión progresiva de los genes en la medida que la planta se desarrolla. Como ambas variaciones crecen en distinta proporción, su cociente, que representa a la heredabilidad, adquiere valores fluctuantes. No obstante, en término relativos, la varianza genética explica para la altura el 24,4% y 41,5% de la variación fenotípica en Los Copihues y Los Hermanos, respectivamente, valores muy interesantes al relacionarlos con el nivel de heredabilidad que se alcanza para este rasgo en Los Hermanos $h^2 = 0,26 \pm 0,03$. De la misma forma para el DAP, la varianza genética aditiva explica a la misma edad un 29% y un 45% de la variación fenotípica observada para Los Copihues y Los Hermanos, respectivamente, y permitiendo que se alcance una $h^2 = 0,28 \pm 0,03$ en el ensayo Los Hermanos.

La tendencia general a la disminución de la heredabilidad individual de la altura con el tiempo, obedece a que la varianza genética aditiva crece a una tasa menor que la varianza fenotípica. Por el contrario, en el caso del diámetro los valores registrados para la heredabilidad deben ser analizados con mayor precaución ya que hay dos diámetros el DAC y el DAP. Además, en el caso de San Agustín, la acción del raleo en el mes 71 afecta la tasa de crecimiento en el DAP y como el raleo fue por lo bajo, altera también la estructura de la normalidad de las familias. Este último elemento determina que las estimaciones desde el mes 71 en adelante para propósitos de determinar la estructura genética tienen una validez cuestionable.

La disminución de la heredabilidad con el aumento de la edad podría finalmente explicarse tanto por la disminución relativa de la cantidad de variación genética como por el aumento de la variación fenotípica. Al respecto, Franklin (1979) lo explica indicando que la disminución es debida a los efectos de la competencia entre las plantas, ya que conforme aumenta la competencia entre ellas la heredabilidad disminuye, aunque ese valor puede crecer nuevamente a medida que los árboles llegan a la madurez.

Los valores de h^2 alcanzados en algunos ensayos son adecuados. Evitar los problemas de maleza que tuvieron que soportar en el pasado, unido a las nuevas técnicas de diseños de ensayos, más sensibles a la estimación de estos parámetros genéticos, sugiere que es posible mejorar aún más la expresión de la varianza aditiva y, por tanto, mejorar la heredabilidad de los caracteres de importancia económica como la altura y el DAP. En términos prácticos esto puede conducir a un reposicionamiento de los huertos semilleros de polinización abierta e incluso de la silvicultura familiar en esta especie.

REFERENCIAS

- Askew, G. R. y El- Kassaby, Y. A., 1994.** Estimation of relationship coefficients among progeny derived from wind-pollinated orchard seeds. *Theoretical and Applied Genetics* **88**:267-272.
- Borralho, N., 1995.** The impact of individual tree mixed model methods (BLUP) in tree breeding strategies. En: *Eucalyptus Plantation: Improving Fibre Yield and Quality* (Eds. B. Potts, N. Borralho, J. Reid, R. Cromer, W. Tibbits y C. Raymond). pp. 141-145. Proc. CRC-IUFRO. Conf., Hobart, 19-24 Feb. CRC for Temperate Hardwood Forestry, Hobart (Australia).
- Borralho, N. M. G. y Potts, B. M., 1996.** Accounting for native stand characteristics in genetic evaluations of open-pollinated progeny from a *Eucalyptus globulus* base population. *New Forests* **11**:53-64.
- Catterill, P. y Brolin, A., 1997.** Improving *Eucalyptus* Wood, Pulp and Paper Quality by Genetic Selection. IUFROConference on Silviculture and Improvement of *Eucalyptus*. Salvador, Brazi. 24 – 29 August 1997. Vol. 1. 1-13.
- Cornelius, J., 1994.** Heritabilities and additive genetic coefficients of variation in forest trees. *Can. Jour. For. Res.* Vol 24 (2): 372-379.
- Droppelmann, F. y Delmastro, R., 1988.** Plan de mejoramiento genético de *Eucalyptus globulus*. Cooperativa de Mejoramiento Genético UACH/CONAF/Empresas Forestales. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. 22 p.
- Franklin, E., 1979.** Model relating levels of genetic variance to stand development of North American Conifers. *Silvae genetica*, 28(5/6):207-212.
- Gardiner, C. y Crawford, D., 1988.** Seed Collection of *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* for the Tre Improvement Purposes. Australian Tre Seed Centre. CSIRO. Canberra. Australia.
- Gilmour, A. R.; Thompson, R. y Cullis, B. R., 1995.** Average information REML, an efficient algorithm for variance parameter estimation in linear mixed models. *Biometrics* **51**:1440-1450.
- Gilmour, A. R.; Thompson, R.; Cullis, B. R. y Welham, S.J., 1997.** ASREML User's manual. July 24, 1997. 100 p.
- Griffin, R., 1994.** Potential for genetic improvement of *Eucalyptus* in Chile. En: *Actas Simposio Los eucaliptos en el Desarrollo Forestal de Chile*. (Barros, S., Prado, J. y Alvear, C. editores). Pucón, Chile 24 al 26 de Noviembre de 1993. INFOR - CORFO. 1 - 25 p.
- Henderson, C. R., 1984.** Applications of linear models in animal breeding. University of Guelph Press, Guelph.
- Infante, P.; Ipinza, R. y Prado, J., 1991.** Bases para la mejora genética de las especies del género *Eucalyptus* en Chile. *Ciencia e Investigación Forestal* 5(1):96-150.

INFOR, 1997. Estadísticas Forestales 1996. Boletín estadístico N° 50, Septiembre de 1997.

Ipíñza, R.; White, T. y Apolaza, L., 1994. Revisión de la Estrategia de *Eucalyptus globulus*. Cooperativa de Mejoramiento Genético. UACH/CONAF/Empresas Forestales. Valdivia, Octubre de 1994. 40 p. + anexos.

Ipíñza, R., Gutiérrez, B. y Molina, M., 1997. Análisis genético univariado de siete ensayos de progenie y procedencia de *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden, en Chile. Potencial genético y Silvícola. En IUFRO Conference Modelling Growth of Fast Growing Tree Species. 3-5 September 1997. Valdivia - Chile.

Ipíñza, R., 1997. Curso Corto: Mejoramiento Genético Forestal Operativo. - Universidad del Valle, Cali, Colombia. Septiembre 22 al 26 de 1997. 500 p.

Jarvis, S. F.; Borralho, N. M. G. y Potts, B.M., 1995. Implementation of a multivariate BLUP model for genetic evaluation of *Eucalyptus globulus* in Australia. En: "Eucalypt plantations: improving fibre yield and quality" (Eds. B.M. Potts, N.M.G. Borralho, J.B. Reid, R.N. Cromer, W.N. Tibbits and C.A. Raymond). pp. 212-216. Proc. CRC-IUFRO Conf., Hobart, 19-24 Feb.

Kellison, R., 1997. Production Forestry into the 21st Century: A World View (KEYNOTE). En: 24th Biennial Southern Forest Tree Improvement Conference. Orlando, Florida, USA. June 9-12, 1997. 3-10p.

Patterson, H. D. y Thompson, R., 1971. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. *Biometrika* 58:545-554.

Potts, B., Volker, P., Hodge, G., Borralho, N., Hardner, C. y Owen, J., 1995. Genetic limitations in the exploitation of base populations of *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*. En: Eucalyptus Plantation: Improving Fibre Yield and Quality (Eds. B. Potts, N. Borralho, J. Reid, R. Cromer, W. Tibbits y C. Raymond). pp. 217-221. Proc. CRC-IUFRO. Conf., Hobart, 19-24 Feb. CRC for Temperate Hardwood Forestry, Hobart (Australia).

Prado, J., 1988. Selección de procedencias de varias especies del género *Eucalyptus* para la zona centro - sur de Chile. Actas Simposio Manejo Silvícola del Género *Eucalyptus*. CORFO - INFOR, Viña del Mar, Chile, Junio 1988. 32 p.

Prado, J. y Alvear, C., 1994. Resultados de ensayos de procedencia y progenies de *Eucalyptus globulus* en la zona centro - sur de Chile. En: Actas simposio Los eucaliptos en el Desarrollo Forestal de Chile. (Barros, S., Prado, J. y Alvear, C. editores). Pucón, Chile 24 al 26 de Noviembre de 1993. INFOR - CORFO. 61 - 79 p.

Squillace, A. E., 1974. Average genetic correlations among offspring from open-pollinated forest trees. *Silvae Genetica* 23: 149-156.

Tibbits, W., Boomsma, D. y Jarvis, S., 1997. Distribution, Biology, Genetics, and Improvement Programs for *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens* Around the World. En: 24th Biennial Southern Forest Tree Improvement Conference. Orlando, Florida, USA. June 9-12, 1997. 81-95p.

ESPECIES ALTERNATIVAS DE *Eucalyptus* EN LA REGIÓN DEL BIO-BIO RESULTADOS DE CRECIMIENTO A LOS 14 AÑOS DE EDAD

Emhart, Verónica⁵; Celhay, Juan Andrés⁵; Velilla, Edgardo⁵ y Medina, Alex⁵

RESUMEN

La producción comercial de especies de *Eucalyptus* en Chile está basada principalmente en *E. globulus ssp globulus* y *E. nitens*. Frente a nuevos desafíos de mercado y condiciones medioambientales, como la presencia de nuevas plagas o el cambio climático, es necesario tener otros materiales genéticos disponibles y evaluados en el patrimonio nacional.

El presente estudio se estableció en predios de Forestal Mininco en el año 1997 en suelos trumaos y en rojo arcillosos con riego con la finalidad de evaluar productividad de otras especies de eucalipto alternativas a *E. globulus ssp globulus* y a *E. nitens*.

Las especies probadas fueron *E. badjensis*, *E. viminalis*, *E. smithii*, *E. cypellocarpa*, *E. urophylla*, *E. benthamii*, *E. camaldulensis*, *E. cinerea*, *E. delegatensis*, *E. globulus ssp globulus*, *E. globulus ssp pseudoglobulus*, *E. globulus ssp maidenii*, *E. nitens*, *Acacia mearnsii*, *Acacia dealbata* y *Casuarina equisetifolia*.

Después de 14 años de crecimiento, dentro de las especies con mayor volumen se encuentran *E. badjensis* con valores cercanos a los 776 y 887 m³, *E. viminalis* entre 645 y 760 m³, seguido por *E. smithii* con 542 y 765 m³ para ambas condiciones de sitio.

E. globulus ssp globulus también presenta buenos crecimientos entre 610 a 572 m³, y *E. nitens* alcanza entre 493 y 603 m³ para las 2 condiciones de sitio.

Dado estos resultados y a la edad del ensayo, el siguiente paso será corroborar las características de la madera para proyectar los productos, sean pulpables o sólidos o como biomasa.

Palabras claves: *Eucalyptus*, productividad, especies alternativas

⁵ Forestal Mininco SA, Los Ángeles. Chile.

SUMMARY

Eucalypt commercial production in Chile is based on mainly two species, *E. globulus* ssp *globulus* y *E. nitens*. To face future market challenges or changes in environmental conditions, like pest and diseases or climate change it is necessary to have other genetic materials available and assessed in the country.

The present study was established in 1997 in Forestal Mininco farms over 2 different soils types; volcanic ashes and red clays with irrigation. The goal is to assess alternative eucalypt species to *E. globulus* ssp *globulus* and *E. nitens* productivity.

Tested species included *E. badjensis*, *E. viminalis*, *E. smithii*, *E. cypellocarpa*, *E. urophylla*, *E. benthamii*, *E. camaldulensis*, *E. cinerea*, *E. delegatensis*, *E. globulus* ssp *globulus*, *E. globulus* ssp *pseudoglobulus*, *E. globulus* ssp *maidenii*, *E. nitens*, *Acacia mearnsii*, *Acacia dealbata* and *Casuarina equisetifolia*.

At 14 years old, species with great volume potential volume are *E. badjensis* with productivity levels close to 776 and up to 887 m³, *E. viminalis* from 645 to 760 m³, follow by *E. smithii* with 542 to 765 m³ for both site conditions.

E. globulus ssp *globulus* and *E. nitens* shows also a good growth at the two sites, with 610 and 572 m³, and 493 and 603 m³, respectively.

Given these results and the age of assessment, the next step should be to check wood quality properties to project possible products as pulp, solid or biomass.

Keywords: *Eucalyptus*, productivity, alternative species

INTRODUCCIÓN

La producción comercial de especies de *Eucalyptus* en Chile está basada principalmente en *E. globulus ssp globulus* y *E. nitens*. Existen en el país alrededor de 648 mil hectáreas plantadas con estas 2 especies y alrededor de 20 mil hectáreas han sido plantadas con otras especies de *Eucalyptus*, lo que corresponde al 1% de la superficie total nacional. El desempeño de *E. globulus ssp globulus* y *E. nitens* ha sido notable para la industria de la pulpa y las exportaciones en el país.

No obstante, la presencia de plagas en los últimos años, como por ejemplo la llegada y masificación de *Gonypterus sp.*, ha generado la necesidad de buscar otras alternativas para la producción de pulpa, también de biomasa y para fijación de carbono.

Frente a nuevos desafíos de mercado y condiciones medioambientales como la presencia de nuevas plagas y el cambio climático es necesario tener otros materiales genéticos disponibles y evaluados en el patrimonio nacional. Es por eso que en los años 70 se introdujeron varias especies de *Eucalyptus* en el país cuyo objetivo fue evaluar el desempeño de otras especies alternativas a las ya comerciales, como el caso de *Pinus radiata*. Esto también fue llevado a cabo en patrimonio de CMPC en los años 80 y 90 y en 2011, siendo probadas distintas alternativas tanto para la producción de pulpa, como de biomasa, y resultados parciales de esto son presentados en este artículo.

Existe poca información pública sobre especies alternativas de *Eucalyptus* que podrían ser potenciales para la Región del Bio Bio. Algunos resultados fueron publicados por INFOR sobre potencial para *E. delegantensis* con crecimientos interesantes (INFOR, 1986). Existen otras iniciativas particulares de empresas forestales pero que no se encuentran publicadas.

El objetivo de este estudio fue evaluar el crecimiento y la supervivencia de distintas especies de *Eucalyptus* en dos condiciones de sitio en la Región del Bio Bio, en patrimonio de Forestal Mininco.

De las especies probadas, *E. badjensis* tiene una distribución natural bastante restringida a una pequeña región en el *plateau* sur al sureste de Nueva Gales del Sur y ha tenido buen desarrollo en ensayos de especies en Australia por lo que ha generado considerable interés. Los requerimientos climáticos se encuentran en el Cuadro N° 1 (Jovanovic y Booth, 2002).

E. benthamii tiene una distribución bien restringida en su lugar de origen a una pequeña área al oeste de Sydney. Esta especie ha tenido tasas de crecimiento interesantes en ensayos en Australia y otros países. Los usos de su madera aún no están completamente evaluados, sin embargo, se ve como una especie con gran potencial para producción comercial. Tiene tolerancia al frío y a la sequía. Los requerimientos climáticos se encuentran en Cuadro N° 1 (Jovanovic y Booth, 2002).

E. camaldulensis es uno de eucaliptos más plantados en el mundo. Su distribución natural abarca casi toda Australia (Boland *et al.*, 1989) y se la encuentra cerca de cursos de agua lo que que a menudo le permite sobrevivir en regiones áridas o semiáridas. Las condiciones climáticas de las procedencias del sur de Australia se describen el Cuadro N° 1. Su madera tiene usos variados, como por ejemplo construcción, durmientes de ferrocarriles, debobinado y pulpa.

E. smithii tiene una distribución restringida en algunas zonas de *plateau*, en las costas escarpadas adyacentes y las tierras bajas costeras al sur de Nueva Gales del Sur. Su distribución también se extiende a Victoria en la región de Gippsland (Boland *et al.*, 1989). Su madera se utiliza para construcción en general (Jovanovic y Booth, 2002).

E. viminalis se encuentra ampliamente distribuido en el sudeste de Australia, entre las latitudes 28° y 43° S. Es común encontrarlo en el este de Tasmania, las islas del Estrecho de Bass y el sur de Victoria. Su rango altitudinal comprende desde nivel del mar hasta los 1.400 msnm.

Presenta tolerancia al frío y su madera ha sido usada para pisos y paneles, así como madera juvenil ha sido usada para producción de pulpa. Las condiciones climáticas donde crece *E. viminalis* se mencionan en el Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1
CONDICIONES CLIMÁTICAS EN SUS ÁREAS DE ORIGEN DE ALGUNAS DE LAS ESPECIES INCLUIDAS EN EL ENSAYO DE INTRODUCCIÓN DE EUCALIPTOS EN LOS PREDIOS RUCAMANQUI Y MALVÉN

Especie/ Característica	<i>E. badjensis</i>	<i>E. benthamii</i>	<i>E. camaldulensis</i>¹	<i>E. smithii</i>	<i>E. viminalis</i>
Precipitación media anual (mm)	580 - 1.230	730 - 1.010	400-2.000	610 - 1.930	500 - 2.500
Régimen de lluvias	Uniforme/ bimodal Verano	Uniforme/ bimodal Verano	Uniforme Invierno	Uniforme Invierno	Uniforme Invierno y verano
Período seco (meses)	0 - 5	0 - 5	0 - 7	0 - 6	0 - 5
T° máxima media mes más cálido (°C)	22 - 27	26 - 30	21 - 41	20 - 27	21 - 32
T° mínima media mes más frío (°C)	-3 - 3	-1 - 3	0 - 14	-3 - 7	-4 - 9
T° media anual (°C)	7 - 15	13 - 17	10 - 25	7 - 17	4 - 17

¹ Procedencias del S

MATERIAL Y METODO

Descripción del Estudio

En el año 1997 se plantó 2 ensayos en la región de Bio Bio, cuya descripción se detalla en el Cuadro N° 2. Un ensayo fue localizado en la comuna de Tucapel y el segundo en la comuna de Negrete. La superficie de cada uno es de 1,9 ha.

Los sitios donde fueron establecidos los ensayos se caracterizan por tener buenas condiciones para el crecimiento de eucaliptos; suelos de ceniza volcánica en el caso del fundo Rucamanqui y suelos rojos arcillosos en el caso de Malvén, y precipitaciones anuales de alrededor de 1.300 mm, con la mayor parte distribuida en los meses de invierno y un menor porcentaje en el resto del año, aunque pueden presentar periodos secos importantes de 3 a 4 meses.

El sitio de Malvén tuvo riego por surcos en los primeros 7 años de vida, el sitio de Rucamanqui no fue regado.

Los tratamientos incluidos en los ensayos comprenden 13 especies de *Eucalyptus*, 2 de *Acacia* y una de *Casuarina*, como se indica en el Cuadro N° 3.

Cuadro N° 2
DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS DE INTRODUCCIÓN DE ESPECIES PLANTADOS EN 1997

Fundo / Descripción	Rucamanqui	Malvén
Año plantación	1997	1997
Suelo	Ceniza volcánica	Rojo arcilloso
Régimen hídrico	Sin riego	Con riego
Latitud S	37° 10' 52"	37° 43' 50"
Longitud W	71° 51' 29"	72° 22' 06"
Altitud (msnm)	470	170
Precipitación media anual (mm)	1.389	1.354
Temperatura media anual (°C)	11,6	12,2
Diseño	Bloques Completos al Azar	Bloques Completos al Azar
N° tratamientos	16	16
N° árboles/parcela	81	81
N° Réplicas	3	3
Espaciamiento inicial (m x m)	3 x 1,6	3,2 x 1,5
Superficie (ha)	1,9	1,9

Cuadro N° 3
DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS INVOLUCRADOS EN LOS ENSAYOS
FUNDOS RUCAMANQUI Y MALVÉN

Trat. N°	Genotipo	Especie	Origen	Localidad
1	S9726	<i>Acacia mearnsii</i>	Australia	Desconocida
2	S9720	<i>Eucalyptus cypellocarpa</i>	Australia	Desconocida
3	S4726	<i>Eucalyptus nitens</i>	Australia	Tallaganda SF
4	S9725	<i>Eucalyptus globulus ssp. pseudoglobulus</i>	Australia	Desconocida
5	S1703	<i>Eucalyptus globulus ssp. globulus</i>	Australia	Jeeralang
6	S9684	<i>Acacia dealbata</i>	Australia	Queen Vic. Terrace
7	S9727	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Chile	-
8	S9732	<i>Eucalyptus badjensis</i>	Australia	Desconocida
9	S9729	<i>Eucalyptus urophylla</i>	Australia	Desconocida
10	S9730	<i>Eucalyptus delegatensis</i>	Chile	Octava Región
11	S9731	<i>Eucalyptus globulus ssp. maidenii</i>	Australia	Desconocida
12	S4829	<i>Eucalyptus smithii</i>	Australia	Orbost
13	S10055	<i>Eucalyptus benthamii</i>	Australia	Kedumba, Val.
14	S9779	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Australia	Lake Albacutya
15	S4819	<i>Eucalyptus viminalis</i>	Australia	Bendoc
16	S11006	<i>Eucalyptus cinerea</i>	Desconocido	Desconocida

Mediciones y Análisis de datos

Los ensayos fueron medidos a fines del 2011, cuando cumplieron 14 años de edad. Las variables consideradas fueron DAP, altura y estado sanitario, con un criterio forestal productivo. La supervivencia fue estimada en función de los árboles vivos a los 14 años como porcentaje de los

árboles plantados en total para cada tratamiento y réplica.

Debido a que para muchas de las especies no se cuenta con fórmulas para estimación de volumen, se utilizó una fórmula de árbol individual que considera el volumen de un cilindro por un factor de forma para cada especie. Luego el volumen se expandió por número de árboles por hectárea. Finalmente, se calcularon los promedios por ensayo y tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayo Rucamanqui

En el sitio de Rucamanqui la supervivencia general del ensayo fue de 72% (Figura N° 1). Dentro de las especies de *Eucalyptus* la supervivencia obtenida alcanza al 74%. En general, la supervivencia es aceptable para la gran mayoría de las especies, excepto *E. urophylla* que fue de 18%, y en *E. smithii* y *E. camaldulensis* que fue de 54%. En general, los eventos de heladas en Rucamanqui afectaron la supervivencia de *E. urophylla* y *E. camaldulensis*.

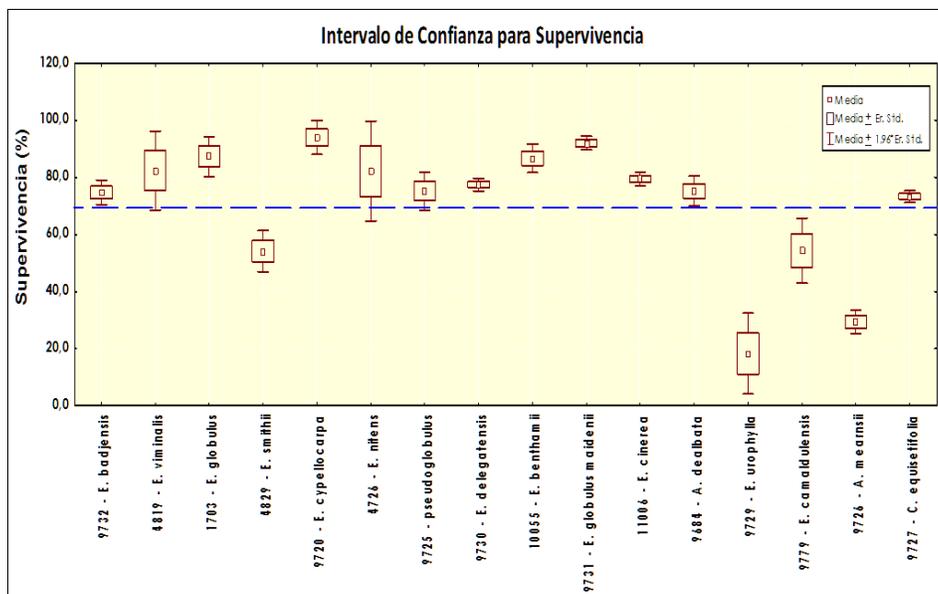


Figura N° 1
SUPERVIVENCIA DE LAS ESPECIES EN ENSAYO RUCAMANQUI 14 AÑOS EDAD

Respecto del crecimiento después de 14 años, el promedio del ensayo alcanzó 364 m³/ha (Figura N° 2). Existen dos grupos principales de especies con en cuanto al volumen, uno de mayor crecimiento que comprende a *E. badjensis*, *E. viminalis*, *E. globulus ssp. globulus*, *E. smithii*, *E. cytellocarpa*, *E. nitens*, *E. globulus ssp. pseudoglobulus*, *E. delegatensis*, *E. benthamii* y *E. globulus ssp. maidenii*, y uno de menor crecimiento que comprende a *E. cinerea*, *A. dealbata*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis*, *A. mearnsii* y *C. equisetifolia*.

En el caso de *E. urophylla*, *E. camaldulensis* y *A. mearnsii* el bajo nivel de productividad

estuvo parcialmente asociado a una baja tasa de supervivencia, pero por otro lado, también presentan bajas tasas de crecimiento de árbol individual.

Dentro de las especies más destacadas se encuentran *E. badjensis*, con un volumen a los 14 años de 776 m³/ha; *E. viminalis*, con 645 m³/ha; y *E. smithii*, con 542 m³/ha.

Al mismo tiempo, en las especies comerciales como *E. globulus* y *E. nitens* los niveles de productividad alcanzaron 610 y 493 m³/ha, respectivamente.

Si estos valores de crecimiento son llevados a IMA (Incremento Medio Anual), *E. badjensis* alcanza a 55 m³/ha/año, *E. viminalis* a 46 m³/ha/año y *E. smithii* a 39 m³/ha/año.

En esta zona se planta comercialmente *E. nitens* con un promedio de IMA de 50 m³/ha/año.

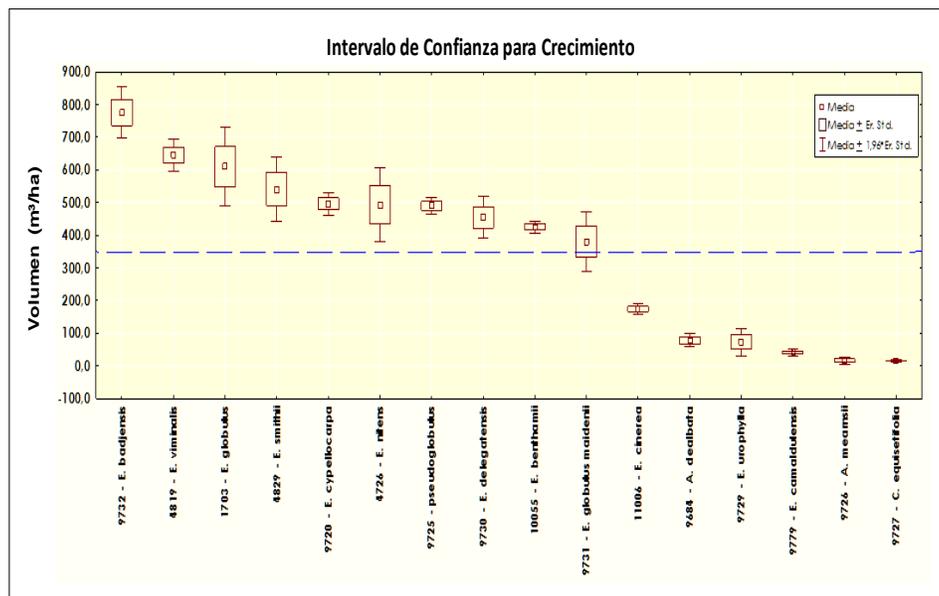


Figura N° 2
CRECIMIENTO DE LAS ESPECIES EN ENSAYO RUCAMANQUI 14 AÑOS EDAD

Ensayo Malvén

En el sitio de Malvén la supervivencia general del ensayo fue de 70% (Figura N° 3). Dentro de las especies de *Eucalyptus* la supervivencia obtenida alcanza al 72%. Al igual que en el ensayo de Rucamanqui, la supervivencia es aceptable para la gran mayoría de las especies, excepto *E. urophylla* que fue de 26%, y *E. camaldulensis* que fue de 41%.

De igual forma que en Rucamanqui, *E. urophylla* y *E. camaldulensis* se vieron afectado por las heladas.

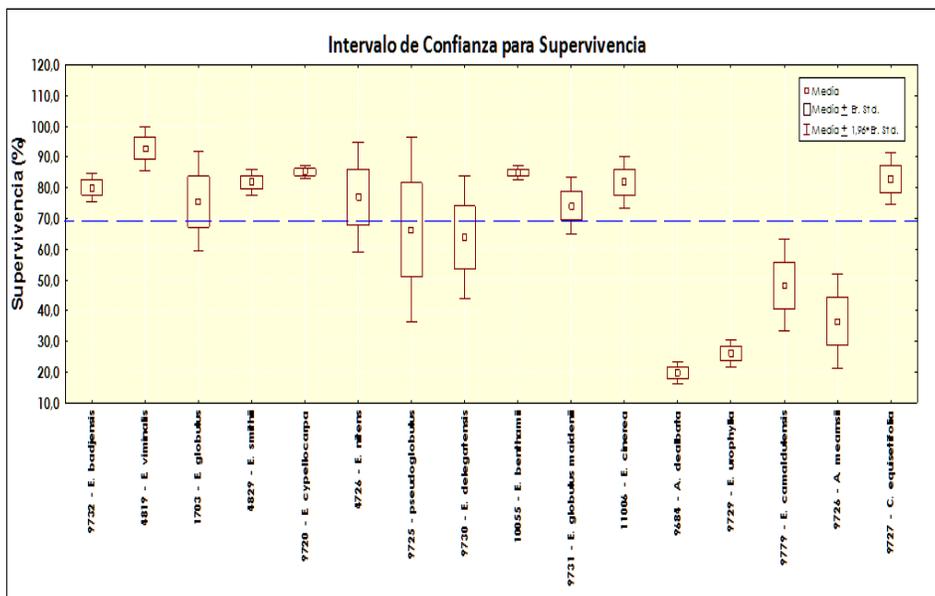


Figura N° 3
SUPERVIVENCIA DE LAS ESPECIES EN ENSAYO MALVÉN 14 AÑOS EDAD

Respecto al crecimiento después de 14 años, el promedio del ensayo alcanzó 427 m³/ha (Figura N° 4). Los grupos de crecimiento son similares a los del ensayo Rucamanqui, excepto que *E. delegatensis* y *E. globulus maidenii* se encuentran bajo el promedio del ensayo.

Dentro de las especies más destacadas se encuentran *E. badjensis* con un volumen a los 14 años de 887 m³/ha, seguido por *E. smithii* con 765 m³/ha y *E. viminalis* con 760 m³/ha.

Al mismo tiempo, en las especies comerciales como *E. globulus* y *E. nitens* los niveles de productividad alcanzaron 572 y 603 m³/ha, respectivamente.

Si estos valores de crecimiento son llevados a IMA, *E. badjensis* alcanza 63 m³/ha/año, *E. smithii* a 55 m³/ha/año y *E. viminalis* a 54 m³/ha/año.

En suelos rojo arcillosos el crecimiento anual para el caso de *E. globulus* alcanza 35 m³/ha/año en plantaciones operacionales y para el caso de *E. nitens* el crecimiento alcanza en ensayos a 50 m³/ha/año.

En consecuencia, las especies destacadas parecen ser muy promisorias.

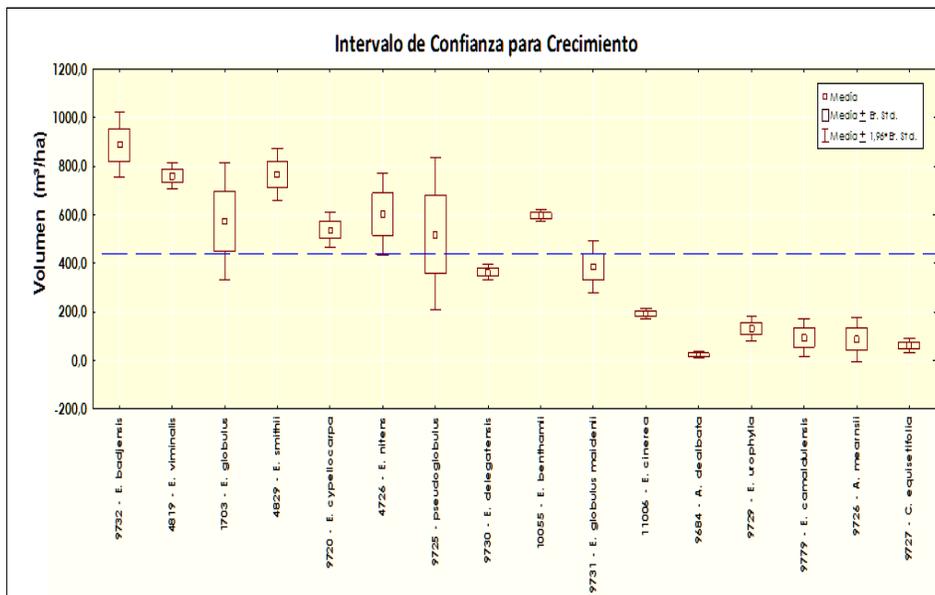


Figura N° 4
CRECIMIENTO DE LAS ESPECIES EN ENSAYO MALVÉN 14 AÑOS EDAD

En ensayos de especies establecidos en Australia, en el estado de Nueva Gales del Sur, se incluyeron especies como *E. badjensis*, *E. benthamii*, *E. nitens*, *E. smithii* y *E. viminalis* y se evaluó la calidad de madera después de 14 años de edad (Hicks and Clark, 2001).

La densidad básica estimada con astillas para el caso de *E. badjensis* fluctuó entre 499 y 503 kg/m³, para *E. smithii* entre 552 y 568 kg/m³, para *E. viminalis* entre 506 y 517 kg/m³ y para *E. benthamii* entre 504 y 516 kg/m³. Estas densidades fueron un poco inferiores a las de *E. nitens*, usado como control en estos ensayos, que fluctuó entre 546 y 553 kg/m³.

También se evaluó rendimiento pulvable, variable para la cual destaca el control *E. nitens* con 50,6 - 52%, en tanto que *E. smithii* registra entre 51,2 - 52,2%; *E. badjensis* 48,4 - 53,3% y finalmente *E. viminalis* 43,9 - 51,5%.

En estudios anteriores de Forestal Mininco se ha muestreado *E. smithii* y *E. viminalis* en un sector de Rucamanqui y la densidad básica a los 9 años resultó de 508 kg/m³ para *E. smithii* a los 14 años de 530 kg/m³ para *E. viminalis*.

Para todas las especies probadas las semillas provienen de colectas en rodales sin mejoramiento genético, por lo que seleccionando individuos destacados y escalando en programas simples de mejora genética se pueden lograr mejores resultados que los presentados en este documento.

CONCLUSIONES

Los resultados de estos ensayos confirman que existen otras especies promisorias que merecen dados sus crecimientos, como son los casos de *E. badjensis*, *E. smithii* y *E. viminalis*.

Es importante ampliar la evaluación a otras zonas del patrimonio de Forestal Mininco, como también del país para identificar así zonas en las que estas especies crecen más que las tradicionalmente empleadas hasta ahora.

Otro aspecto importante de abordar es la evaluación de la calidad de madera de estas especies, que ya están en edad posible de rotación, a través de estudios de su aptitud para pulpa y para dendroenergía.

Es importante evaluar también su susceptibilidad a insectos y hongos, especialmente frente al daño que produce *Gonypterus* sp., ya que en el periodo juvenil de este ensayo esta plaga aún no se había hecho presente..

REFERENCIAS

Boland, D., Brooker, M., Chippendale, G., Hall, N., Hyland, B., Johnstone, R., Kleinig, D. and Turner, J., 1989. Forest Trees of Australia. CSIRO, Melbourne, 687pp.

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

Hicks, C. and Clark, N., 2001. Pulpwood Quality of 13 Eucalypt Species. RIRDC Publication N° 01/164. Barton, Australia. 38 p.

Jovanovic, T. y Booth, T., 2002. Improved species climatic profiles. RIRDC Publication N° 02/095. Barton, Australia. 68 p.

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO INICIAL DE UNA PLANTACIÓN DE *Eucalyptus pellita* F. Muell. SOMETIDA A DIFERENTES TRATAMIENTOS DE ENMIENDAS

Giraldo, Diana⁶. Parra, Luis Fernando⁷ y Nieto, Víctor⁸

RESUMEN

Los suelos de la Orinoquia colombiana presentan condiciones de alta acidez (pH entre 4,5 y 5), baja fertilidad y deficiencia de elementos como Calcio, Magnesio, Fósforo y Potasio, así como cantidades considerables de Aluminio intercambiable (Al^{+++}). Dadas estas limitantes, que inciden sobre la productividad forestal, se evaluó el efecto de la aplicación de enmiendas en el crecimiento inicial de la especie *Eucalyptus pellita* F. Muell. en un sistema de plantación en Villanueva (Casanare).

Asimismo se buscó determinar si las enmiendas, un año después de aplicadas, generaban algún cambio en el pH y en la cantidad de nutrientes en el suelo. Seis tratamientos de enmiendas y un testigo se implementaron en un diseño completamente aleatorizado, de tres repeticiones con 324 individuos cada uno.

A los 12 meses de crecimiento se evaluó los parámetros altura, diámetro a la altura del pecho (DAP) y forma del fuste, y se efectuó una inspección y calificación visual del componente foliar; asimismo se realizaron análisis de suelos previos al establecimiento y a los 14 meses.

Tanto en diámetro como en altura las medias de los tratamientos tuvieron diferencias significativas entre sí. Los mejores promedios en ambas variables se obtuvieron cuando además de las enmiendas se agregó una fuente orgánica (tratamiento seis, DAP: 4,21 cm y altura: 4,01 m), mientras que los menores crecimientos se reportaron cuando no se aplicó ninguna enmienda (testigo, DAP: 1,64 cm y altura: 2,27 m).

Se evidenció que los tratamientos no mostraron relación con la aparición de defectos de forma a nivel del fuste ni con la aparición de síntomas de deficiencia nutricional. Los análisis de suelos revelaron que hubo un cambio en el pH y en el contenido de Al^{+++} en todos los tratamientos respecto al testigo y a la muestra "tiempo cero".

En términos generales el ensayo demuestra la efectividad del uso de enmiendas en la zona, al mejorar las condiciones del suelo y aumentar el crecimiento en las plantaciones de *E. pellita*.

Igualmente los resultados dan una pauta en la definición de una dosis ideal de enmiendas para la especie.

Palabras clave: Cales, Eucalipto, Orinoquia, Suelos ácidos.

⁶ Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal - CONIF. Colombia. dlgiraldoc@gmail.com

⁷ Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal - CONIF. Colombia. ferchoparra87@hotmail.com

⁸ Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal - CONIF. Colombia. victornieto@conif.org.co

SUMMARY

The soils in the Colombian Orinoquia are characterized by their high acidity (pH between 4.5 and 5), low fertility and deficiency of elements like calcium, magnesium, phosphorus and potassium, and a great amount of exchangeable aluminum (Al^{+++}). Due to the conditions of this type of soils that affect the forest productivity, the effect of liming applications was evaluated on the initial growth in the species *Eucalyptus pellita* F. Muell in a plantation system, located in Villanueva (Casanare), variables like mortality rate, disorders in shape of the trunk, nutritional problems were also evaluated.

Another objective was to determine if the liming treatments had an influence on the level of pH and the amounts of available elements in the soil. Six liming treatments and a control group were applied in a complete randomized experimental design, with three repetitions of 324 trees.

At 12 months the parameters evaluated were height, diameter at breast height (DBH), shape of the trunk, visual inspection for element deficiency in the leaves; and at 14 months a soil and foliar analysis.

In both variables (height and DBH) the treatments presented a considerable difference. The best results in both variables of growth, were obtained when besides the liming product an organic product was applied (treatment six, DBH: 4.21cm and height: 4.01 m), while the lowest growth was observed when non liming products were applied (witness, DBH: 1.64 cm and height: 2.27 cm).

The treatments did not influence in the appearance of defects on the shape of the trunk, neither had an impact on the nutritional problems observed in the foliar analysis. The soil analysis reveals a change in the pH and the portion of Al^{+++} in all treatments when compared to the control group and the sample at "zero time".

The study shows the need for amendments in this zone, to improve the soil conditions and increment the growth in *E. pellita* plantations.

The results obtained are also a guideline to define a liming dose for the species.

Key words: Limes, Eucalyptus, Orinoquia, acid soils.

INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos silviculturales más importantes en el desarrollo de plantaciones comerciales productivas lo conforma el manejo nutricional. Este manejo puede dividirse en la aplicación de enmiendas y la fertilización.

Las enmiendas son productos que actúan como correctores de condiciones químicas del suelo. Con su aplicación se busca disminuir la acidez del suelo, favoreciendo la absorción de nutrientes así como su disponibilidad y la generación de un equilibrio de las relaciones entre las bases (Ca, Mg y K) (Cales Río Claro, 2011).

El manejo nutricional por lo tanto debe considerarse como una acción integral donde por medio del manejo de enmiendas se mejoran las condiciones químicas que favorezcan la absorción de nutrientes presentes en el suelo o aplicados en la fertilización. Esta premisa aplica en suelos con condiciones químicas como la acidez, en donde las prácticas de fertilización deben ir acompañadas de otras formas de manejo que garanticen que los elementos aplicados sean absorbidos por las plantas. En este caso particular la aplicación de enmiendas debe ser el primer paso para un manejo nutricional adecuado, en donde se mejoren las condiciones del suelo para que los elementos aplicados vía fertilización puedan ser absorbidos por las plantas (Gonçalves *et al.*, 2005).

Los suelos que más requieren de la aplicación de enmiendas son los suelos ácidos con baja disponibilidad de nutrientes. Los suelos de la Orinoquía colombiana presentan condiciones de acidez (pH entre 4,5 y 5), baja fertilidad y deficiencia de elementos como Calcio, Magnesio, Fósforo y Potasio, así como cantidades considerables de Aluminio intercambiable (IGAC, 1991). Estas condiciones crean un espacio óptimo para evaluar los efectos de la aplicación de enmiendas en el desarrollo de plantaciones forestales productoras, que en la región abarcan diferentes especies dentro de las cuales por potencialidad productiva y mercado sobresale el eucalipto, analizado como un género forestal de gran posibilidad para la misma.

En la Orinoquía los estudios que se han realizado en la aplicación de enmiendas para el establecimiento de plantaciones forestales de interés comercial, son incipientes y no han sido replicados para la ratificación o reevaluación de los resultados obtenidos. Se ha generado entonces que la implementación de correctivos en los suelos de la región se realice como un procedimiento rutinario, basado en dosis genéricas no especificadas según los requerimientos de cada especie y los contenidos de elementos presentes en el suelo (Álvarez y García, 2007). Esta falta de información crea la necesidad de conocer y estandarizar los esquemas iniciales de manejo de enmiendas para especies promisorias en la reforestación comercial, en las particulares condiciones de suelos que se presentan en la región de la Orinoquía.

Una de las especies con mayor potencial para la reforestación comercial en el país y en especial en la Orinoquía colombiana es *Eucalyptus pellita*, dadas sus cualidades como especie de rápido crecimiento y la calidad de su madera. Actualmente, se estima que el área reforestada con fines comerciales de *E. pellita* en el país alcanza las 2.200 ha aproximadamente, de las cuales una gran proporción se encuentran en la región de la Orinoquía (98%) (Nieto y Gasca, 2010). Se espera que esta superficie aumente dado el respaldo que el gobierno nacional viene implementando a través del certificado de incentivo forestal – CIF, no obstante, es muy poco lo que se conoce acerca de las dosis adecuadas de enmiendas y fertilizantes que generan los mayores rendimientos de esta especie

Por esto la Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF), en asocio con las empresas Bosques, Suelos y Aguas, y Cales Río Claro, con el apoyo de recursos del MADR otorgados a través del Certificado de Incentivo Forestal – CIF en su componente de investigación, definieron diferentes arreglos de enmiendas a aplicar en el establecimiento de una plantación de *E. pellita* en los suelos del municipio de Villanueva Casanare.

OBJETIVOS

General

Evaluar el efecto de diferentes tratamientos de enmiendas sobre el crecimiento inicial de una plantación de *Eucalyptus pellita* en Villanueva - Casanare.

Específicos

Determinar la influencia de cada uno de los tratamientos en el crecimiento en diámetro y altura de una plantación de un año de edad de *E. pellita*.

Establecer comparaciones entre tratamientos respecto a los cambios en el pH y en la cantidad de elementos en el suelo como respuesta a las enmiendas aplicadas.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de Estudio

El ensayo establecido en diciembre de 2010 se encuentra en el predio Tsunami - Vereda Aeropuerto jurisdicción del municipio de Villanueva Casanare, con coordenadas geográficas 4°39'45.91" N y 72°58'15.88" O. La altitud es de 420 msnm, la temperatura promedio anual es de 26,5 °C, la precipitación promedio anual es de 2800 mm y la humedad relativa de 76%.

Estas condiciones climáticas determinan un clima tropical lluvioso de bosque y sabana, identificado con las siglas Am dentro de la Clasificación Climática de Koeppen (IGAC, 1991; Nieto y Gasca, 2010).

Los suelos de la zona tienen diferentes propiedades físicas y químicas características. Presentan texturas franco finas y franco gruesas, son suelos fuertemente ácidos, de regulares a bajos contenidos de materia orgánica, pobres en Ca, Mg, K y P, capacidad de intercambio catiónico (CIC) baja, saturación de bases menor al 50% en todo el perfil (situación presente en una gran mayoría de los suelos de la formación, con algunas excepciones) y un déficit de humedad en época seca. En general la fertilidad de estos suelos es muy baja, por sus propiedades físicas y químicas deficientes (IGAC, 1991; Roncancio y Castañeda, 2003).

Cuadro N° 1
PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO EN EL ENSAYO ANTES DEL ESTABLECIMIENTO

pH	Ca	Mg	Al	K	P	S	Fe	B	Mn	Zn	N	MO
H ₂ O	(meq/100g)				(ppm)						(%)	
4,96	0,74	0,37	0,59	0,08	18,51	14,94	65,38	0,09	4,06	3,01	0,1	2,07

Diseño Experimental

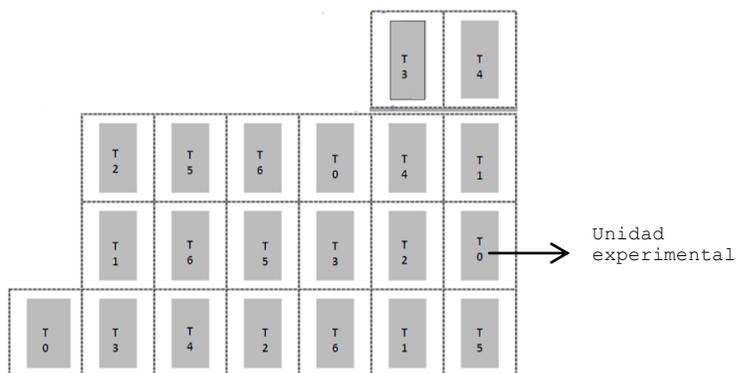
La organización espacial de los tratamientos (Cuadros N° 2 y N° 3) en el terreno obedece a un diseño completamente al azar o aleatorizado (DCA) con tres repeticiones. El ensayo fue establecido en un área total de 5,1 ha y cuenta con 2.646 árboles. Cada repetición consta de 324 árboles y un área total de 0,242 ha. Se determinó un área de efecto de borde, que consistió en 3 árboles desde cada uno de los límites. La unidad experimental estuvo constituida por los individuos no excluidos en el efecto de borde, esto es 126 árboles (Figura N° 1).

**Cuadro N° 2
TRATAMIENTOS APLICADOS**

Tratamiento	Producto	Tipo	Dosis (kg/ha)	Dosis (kg/tratamiento)
Testigo		Control	0	0
T1	Cal Dolomita 57-33	Enmienda	2200	1602
	Triple 30 menores	Enmienda	500	364
T2	Cal Dolomita 57-33	Enmienda	1700	1238
	Óxido de Magnesio 45	Enmienda	450	328
	Triple 30 menores	Enmienda	500	364
T3	Cal Magnesiana 57-33	Enmienda	1750	1274
	Óxido de Magnesio 45	Enmienda	450	328
	Triple 30 menores	Enmienda	500	364
T4	Cal Dolomita 57-33	Enmienda	1600	1165
	Fosfoyeso 90%	Enmienda	1000	728
	Triple 30 menores	Enmienda	500	364
T5	Cal Magnesiana 57-33	Enmienda	1700	1238
	Fosymag	AI	1000	728
	Triple 30 menores	Enmienda	500	364
T6	Cal Magnesiana 57-33	Enmienda	2100	1529
	Fertiorgánico	MO	1400	1019
	Triple 30 menores	Enmienda	500	364

AI : Acondicionador inorgánico

MO: Mezcla orgánica



**Figura N° 1
DISEÑO EXPERIMENTAL**

Cuadro N° 3
DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS APLICADOS

		P R O D U C T O S						
		Triple 30 menores	Cal Dolomita 57-33	Cal Magnesiana 57-33	Oxido de Magnesio 45	Fosfoyeso	Fosyemag	Fertiorgánico
Concentración de Nutrientes (%)	Nitrogeno (N)	-	-	-	-	-	2,00	
	Fósforo	(P ₂ O ₅) Total	8,00	-	-	-	9,00	3,00
		Asimilable (P ₂ O ₅)	-	-	-	-	3,00	-
	Potasio (K ₂ O ₂)	-	-	-	-	-	2,00	
	Magnesio	soluble en ácido (MgO)	11,50	15,70	14,00	-	-	-
		(MgO) Total	-	-	-	45,00	-	-
		(MgO)	-	-	-	-	9,00	5,00
	Calcio	soluble en ácido (CaO)	23,50	31,90	33,00	-	29,50	-
		(CaO) Total	-	-	-	-	-	12,00
		(CaO)	-	-	-	-	21,00	-
	Azufre total (S)	5,00	-	-	-	16,50	5,30	3,00
	Sodio (Na)	-	-	-	-	-	-	0,40
	Boro (B)	0,50	-	-	-	-	0,80	0,20
	Cobre (Cu)	-	-	-	-	-	1,00	-
	Carbono (C)	-	-	-	-	-	9,00	14,00
Zinc (Zn)	0,40	-	-	-	-	1,00	0,20	
Silicio (SiO ₂)	11,50	-	14,00	25,00	-	9,00	5,00	
Propiedades Físicas	Humedad máxima (%)	5,00	5,00	-	-	5,00	9,00	
	pH	-	-	-	-	-	8,00	
	Conductividad eléctrica (ds/m)	-	-	-	-	-	8,59	
	Contenido de cenizas (%)	-	-	-	-	-	55,00	
	Densidad (g/cm ³)	-	-	-	-	-	0,56	
	Solubilidad (%)	-	-	-	-	-	12,8	
Fuente		Rocas dolomitas.	Rocas calizas y magnesianas, y silicato de magnesio (serpentina).	Mezcla física de magnesita calcinada y silicatos de magnesio pentahidratados.	Sulfato de calcio de origen químico.	Roca fosfórica, yeso, silicato de Mg, Bórax, óxido de Cu, óxido de Zn, Sulfato de Zn.	Mezcla orgánico-mineral (gallinaza, champignona sa y cáscara de café).	
Características	Ayuda a equilibrar las bases del suelo, disminuye condiciones de acidez.	Corrige suelos ácidos con pH menor a 6; reacciona en la solución del suelo neutralizando los iones H ⁺ y Al ³⁺	Corrección de la acidez. Actúa como fertilizante aportando Ca ²⁺ y Mg. Acelera la descomposición de la MO, aumenta el grado de asimilación del P, y reduce la actividad de sustancias tóxicas.	Disminuye la acidez y el Al intercambiable; aumenta los contenidos de Mg.	En suelos ácidos maneja la saturación del Al. Mejora desarrollo de las raíces, y es fuente de Ca y S.	Acondicionador orgánico del suelo y fuente de nutrientes de liberación lenta en suelos ácidos.	Promueve el desarrollo de raíces secundarias, potencializa la fertilización química. Mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.	

(Fuente: Cales Rio Claro, 2011).

Medición del Crecimiento

Con el fin de evaluar el efecto de cada tratamiento del ensayo sobre el crecimiento alcanzado a un año de edad, se midió las variables diámetro a la altura del pecho (DAP en cm) y altura total (m).

Medición de la Reacción Tratamientos - Suelo

Con el propósito de evaluar el contenido de elementos en el suelo y cambios en el pH, un año después del establecimiento del ensayo y de la aplicación de las enmiendas, se recolectó siete

muestras de suelos compuestas, correspondientes a seis de los tratamientos más una del testigo.

Procesamiento de Datos

Los datos recolectados de DAP, altura, síntomas de deficiencia y observaciones fueron transcritos en una matriz de Excel®, posteriormente se llevó a cabo un análisis estadístico con el software IBM SPSS Statics 20®.

Se sintetizó gráficamente la distribución de cada variable por tratamiento mediante un diagrama de cajas, el cual adicionalmente permitió identificar los valores atípicos y poder tomar un criterio sobre la exclusión o no de estos datos en posteriores análisis.

Teniendo en cuenta que las alturas y diámetros del ensayo aunque se ajustaban a una distribución normal (prueba de Kolmogorov – Smirnov) no cumplieron el supuesto de homogeneidad de varianzas (evaluado con la prueba de Levene), se hizo la comparación entre medias de los tratamientos para evaluar su efecto utilizando estadística no paramétrica con la prueba de Kruskal Wallis, con un nivel de significancia (α) de 5%. Las hipótesis comparadas fueron:

H_0 : No existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

H_a : Existen diferencias significativas en al menos un tratamiento de los evaluados.

Posteriormente se utilizó la prueba de Games-Howell a un nivel de significancia (α) de 5%, con el fin de establecer los grupos de tratamientos que produjeron las mejores respuestas.

RESULTADOS

Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)

Los tratamientos seis, dos y cinco presentan las mayores medias, seguidos en orden por los tratamientos uno, tres y cuatro. El testigo presenta el menor valor de la media indicando una buena respuesta en cada uno de los tratamientos.

Altura

La aplicación de enmiendas también tuvo un efecto en el incremento en altura, comportándose de forma heterogénea en los tratamientos aplicados.

El tratamiento seis presenta el valor promedio más alto (4,01 m), seguido en orden de los tratamientos dos, cinco, tres, cuatro y uno.

El testigo obtuvo el promedio más bajo con 2,27 m. Todos los tratamientos tuvieron un valor de desviación estándar mayor a 1, a excepción del testigo en donde fue de 0,84.

A través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov ($\alpha = 0,05$) se determinó que los datos de DAP y altura se ajustan a una distribución normal.

Por otro lado la prueba de contraste de Levene sobre la igualdad de varianzas entre los tratamientos, indica que existen diferencias significativas entre estas ($\alpha = 0,05$).

Según la prueba de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$, chi cuadrado = 408,300 DAP y 495,531 altura, $gl = 6$), al menos uno de los tratamientos presenta diferencia significativas con los demás.

Según la prueba de Games-Howell ($\alpha = 0,05$), los tratamientos sin diferencias significativas se agruparon en subconjuntos, como se indica en el Cuadro N°4.

Cuadro N° 4
DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE TRATAMIENTOS PARA DAP Y ALTURA

Tratamiento	DAP (cm)					Altura (m)				
	Subconjunto					Subconjunto				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Testigo	1,841					2,344				
4		2,907					3,061			
3		3,128	3,128				3,183	3,183		
1		3,187	3,187					3,342	3,342	
5			3,291	3,291					3,492	
2				3,467					3,585	
6					4,555					4,236

Relación entre las Variables DAP y Altura y Dosis de Elementos Aplicadas

Para ambas variables, DAP y altura se observa el mismo comportamiento con respecto a las dosis aplicadas de cada elemento. Teniendo en cuenta las unidades (cm y m) se resalta que las medias en altura son mayores a las reportadas en DAP en todos los tratamientos, exceptuando el seis (Figura N° 2).

Para el Ca y el Mg, se presenta un comportamiento con un bajo coeficiente de correlación entre las dosis aplicadas y las respuestas en DAP y altura en ambos elementos, se observa que no hay una tendencia definida en la respuesta cuando se aplicaron dosis intermedias, es decir en los tratamientos ubicados entre el testigo y el tratamiento seis.

Las mejores dosis obtenidas en este ensayo para los elementos Ca y Mg fueron las del tratamiento dos con 659,8 kg/ha y 526,9 kg/ha, respectivamente. Aunque en ambos elementos los coeficientes de correlación R no hayan alcanzado valores por encima de 0,5, en el Mg se puede observar que a medida que aumenta las dosis el crecimiento en DAP y altura tiende a aumentar.

Por su parte el elemento azufre mostró un comportamiento en el cual a mayores dosis hay una reducción en el rendimiento de algunos tratamientos. Sin embargo con las dosis empleadas de S (a excepción de la del tratamiento cuatro), no es posible determinar cuál es la cantidad aplicada que reporta los mejores resultados en DAP y altura. En la Figura N° 2c, se observa que en los tratamientos uno, dos y tres fueron aplicados 25 kg/ha en cada uno, mientras que en el tratamiento cinco 78,3 kg/ha, y los valores de DAP y altura fueron similares.

Por otro lado el P, presentó un beneficio a los individuos a medida que la dosis aumentó (Figura N° 2). Se obtuvo una tendencia positiva especialmente en altura, en la cual la mejor dosis se reportó en el tratamiento cinco, observándose un efecto favorable de las dos fuentes de fósforo utilizadas.

La curva generada para el silicio muestra que no existió una influencia de este elemento en los crecimientos encontrados de DAP y altura.

El tratamiento dos, que presentó los mayores contenidos de Mg (523,9 kg/ha) y menores contenidos de Ca (659,8 kg/ha), obtuvo el segundo mejor rendimiento de todos los tratamientos. Opuesto a esto, el tratamiento cuatro que contenía 922,9 kg/ha de Ca y 308,7 kg/ha de Mg presentó el rendimiento más bajos.

Según lo anterior, se esperaría que el tratamiento cinco con 888,5 kg/ha de Ca y 385,5 kg/ha de Mg tuviera un mal rendimiento, pero se encuentra entre los mejores tratamientos incluso no presenta diferencias significativas con el tratamiento dos, lo cual puede ser atribuible a la dosis de fósforo empleada, proveniente de los productos fosyemag y triple 30 menores.

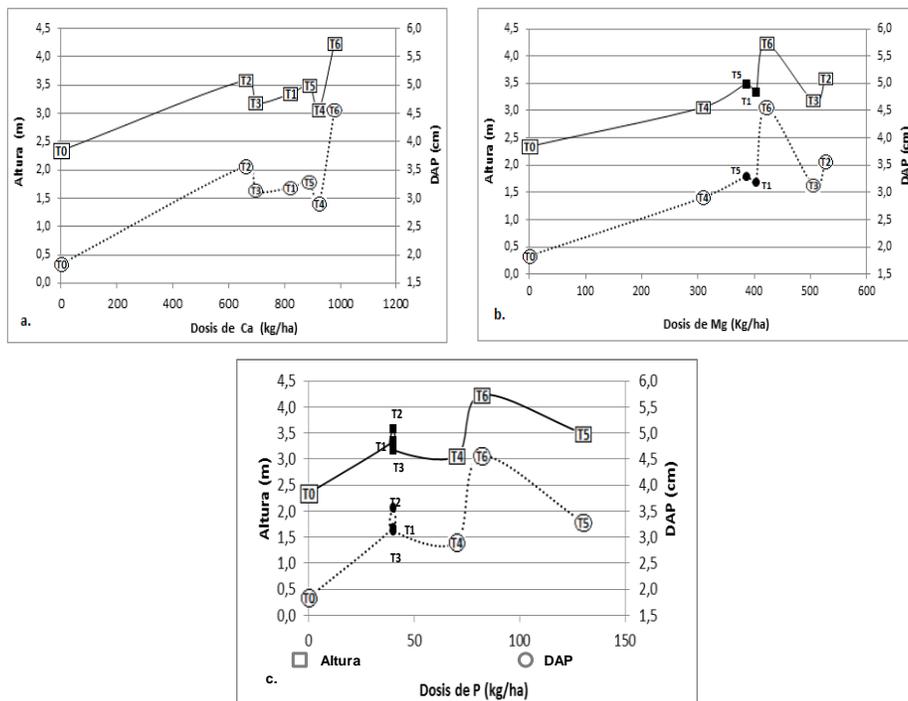


Figura N° 2
RELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES DAP Y LAS DOSIS APLICADAS DE ELEMENTOS

Cambios en la Disponibilidad de Nutrientes

Según los análisis de suelos realizados, se observa que un año luego de la aplicación de las enmiendas hubo un cambio en la disponibilidad de algunos elementos en el suelo. En el caso del Ca, en la Figura N° 3 se muestra que en todos los tratamientos la cantidad de este elemento fue mayor que en el testigo, aunque se debe resaltar que los niveles de Ca en todos los tratamientos están por debajo de un rango óptimo (5-10 meq/100g). Es posible observar que una mayor dosis de Ca aplicada eleva su contenido en el suelo, tal como se aprecia en el tratamiento seis. Existe una similitud en la cantidad de Ca encontrada en el suelo entre los tratamientos tres, dos y uno, en los cuales la cantidad osciló entre 0,41 y 0,45 meq/100 g, con diferentes dosis, en los tratamientos cuatro y cinco, se presentó un comportamiento totalmente diferente, en el cual con dosis mayores a 880 kg/ha la cantidad de Ca presente en el suelo fue más baja.

El contenido de magnesio en el suelo, fue bajo en todos los tratamientos, pero a diferencia del Ca, la relación entre dosis y cantidad en el suelo presenta un comportamiento definido en la mayoría de los tratamientos. Es posible inferir que a medida que la dosis de Mg

aplicada es mayor, el contenido del elemento en el suelo aumenta. La tendencia seguida por el testigo y los tratamientos cuatro, cinco y uno, lo confirman. La diferencia entre las dosis de Mg de los tratamientos uno y seis es de 18,6 kg/ha, mientras que entre el testigo y el cuatro fue de 308,7 kg/ha, en ambos casos el aumento en la cantidad del elemento encontrada en el suelo fue de 0,09 meq/100 g. En este caso se puede anotar que no hay una proporcionalidad entre las dosis aplicadas y la cantidad del elemento encontrada en el suelo.

La relación Ca/Mg calculada, presentó diferencias entre tratamientos, con un valor máximo de 2,32 para el testigo, y un valor mínimo de 1,76 para el tratamiento cuatro. Los valores intermedios en orden ascendente corresponden a los tratamientos seis, uno, tres y dos. Se observa que todos los tratamientos a excepción del dos y el tres, presentaron un valor más bajo de la relación Ca/Mg del suelo con respecto a la alcanzada según las dosis de cada tratamiento.

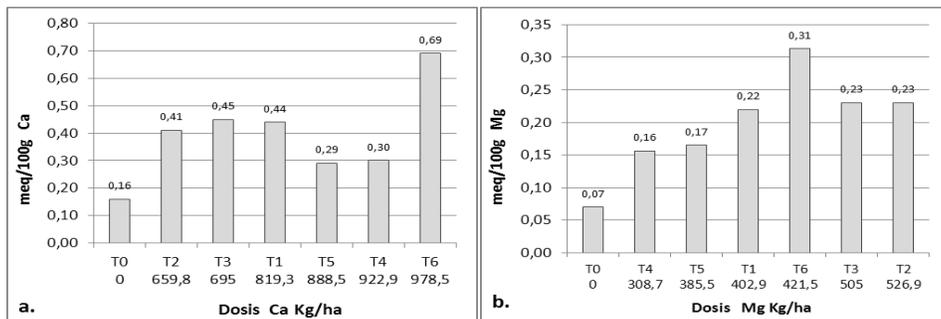


Figura N° 3
RELACIÓN DOSIS APLICADA POR TRATAMIENTOS VS CANTIDADES DE ELEMENTOS ENCONTRADAS EN EL SUELO

En cuanto a los contenidos de azufre y fósforo en el suelo, se presentó un comportamiento variable en todos los tratamientos. Para ambos elementos, no se evidencia relación alguna entre las dosis aplicadas y las cantidades encontradas, esto es más significativo si se considera que aún con dosis iguales las cantidades encontradas fueron diferentes. La mayor variación encontrada en el elemento S fue con la dosis de 25 kg/ha en la cual los contenidos en el suelo fueron de 12,65 – 16,69 y 20,25 ppm, correspondientes a los tratamientos dos, tres y uno respectivamente, siendo este último el contenido más alto del elemento. En el P, se encontró que en la dosis de 40 kg/ha los contenidos en el suelo fueron, 4,56 – 5,04 y 6,34 ppm.

En el tratamiento cuatro en el que se utilizó una de las fuentes con más contenido de S, fosfoyeso, la cantidad encontrada del elemento fue aproximadamente 2/3 menor que la cantidad máxima encontrada. El contenido más alto de P, 8,51 ppm, fue hallado en la dosis de 130 kg/ha (la más alta también) correspondiente al tratamiento cinco, el cual tuvo dos fuentes de este elemento (triple 30 menores y Fosymag), el contenido más bajo, fue de 3,60 ppm en el tratamiento cuatro (dosis de 70 kg/ha). A diferencia de lo ocurrido para los elementos Ca y Mg, el testigo para el caso del P no presentó el contenido más bajo en el suelo (figura 20.d.)

Los valores de Al^{+++} encontrados en el suelo muestran una relación inversa con los porcentajes de saturación de bases encontrados en cada uno de los tratamientos. Los mayores valores de Al^{+++} se presentan en el testigo y el tratamiento cuatro. El comportamiento del testigo con respecto a los otros tratamientos muestra una efectividad de las diferentes enmiendas utilizadas respecto a la no aplicación de estas sobre el suelo, con un contenido de Al^{+++} entre 2 y 4 veces mayor.

Todos los tratamientos presentaron un valor de pH mayor al encontrado en el testigo y la situación inicial. Los tratamientos que tuvieron mejor efecto sobre el pH del suelo, fueron el seis, tres y dos, mientras que los que generaron un menor aumento fueron el cinco y el cuatro. La reacción de productos como el óxido de magnesio 45 con un PNRT superior a los demás productos (Cuadro N° 3) influye en el aumento del pH que presentaron los tratamientos dos y tres.

Los valores de pH obtenidos en los tratamientos demuestran su estrecha relación con los contenidos de Al^{+++} intercambiable (Figura N° 4), a mayores pH el aluminio intercambiable disminuye como se observa especialmente en el tratamiento seis.

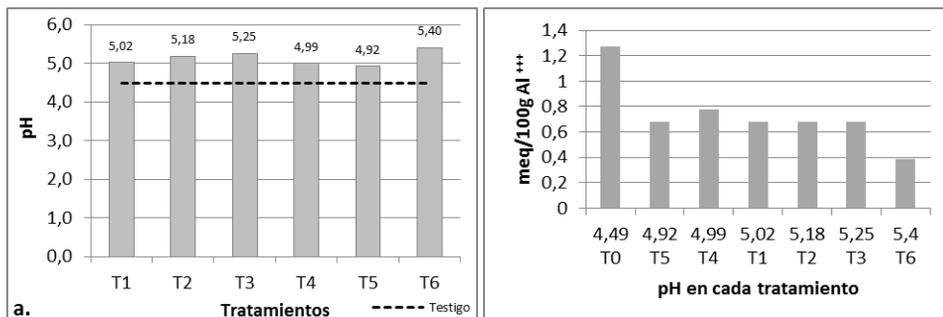


Figura N° 4
ACIDEZ ACTIVA DEL SUELO EN CADA TRATAMIENTO (POTENCIAL DE HIDRÓGENO PH) Y
RELACIÓN PH CON ALUMINIO INTERCAMBIABLE (ACIDEZ INTERCAMBIABLE).

DISCUSIÓN

Efecto de las Enmiendas en Diámetro y Altura

Los rendimientos encontrados en las variables DAP y altura, muestran una respuesta de la especie frente a las enmiendas. Otros ensayos (Bernardo *et al.*, 1998; De Dieu Nzila *et al.*, 2002; Judd *et al.*, 1996) que incluyeron la aplicación de enmiendas y algunos nutrientes en plantaciones con *Eucalyptus spp.* en condiciones similares de suelos muestran rendimientos mayores que los encontrados para este experimento. Es posible que los resultados obtenidos en el ensayo para DAP y altura, se deban a la ausencia de nutrientes esenciales para el crecimiento como el N y K entre otros, los cuales si fueron aplicados en dichos experimentos.

Barros (1985 en Oliveira *et al.*, 2008) determinó que una combinación de Ca y Mg para obtener buenos crecimientos en DAP y altura se basaba en dosis de aproximadamente 1.200 kg/ha para CaO y 720 kg/ha para MgO, que en términos comerciales corresponderían a 4 t/ha de un tipo de cal dolomítica. Da Silva y Coelho (2010), utilizando cal dolomítica y escoria como enmiendas para corregir la acidez del suelo, encontraron que dosis de 1.200 kg/ha para Ca y un rango entre 300 y 471 kg/ha para Mg, generaban un buen comportamiento del DAP en *E. grandis* x *E. urophylla*.

Es probable que por encima de las dosis mencionadas la respuesta en términos de crecimiento para algunas especies de *Eucalyptus* no sea la adecuada. Así, algunos autores han encontrado que la aplicación de grandes cantidades de Ca (en forma de CaO) genera consecuencias negativas sobre la productividad de varias especies de eucalipto. Silveira *et al.* (2005), hallaron que una aplicación de "lama de cal" entre 10 y 20 t/ha (2400 a 4800 kg/ha de CaO) comenzaba a generar un efecto depresivo del Ca sobre el crecimiento de *E. grandis*. Oliveira *et al.*

(2008), encontraron que dosis mayores a 300 g/hoyo de cal dolomítica generaban un decrecimiento del DAP en una plantación de *E. grandis* x *E. urophylla*. En el ensayo evaluado, ninguna de las dosis de Ca empleadas excedió estos valores, por lo que se descarta que se haya presentado un efecto tóxico del elemento sobre los parámetros DAP y altura.

Una de las diferencias del tratamiento cuatro con respecto a los otros tratamientos estuvo en la alta dosis aplicada de S (190 kg/ha), lo que pudo generar que la respuesta en términos de crecimiento no hubiese sido la mejor. Si se compara con otros estudios en eucalipto, en los cuales la cantidad aplicada de este elemento oscila entre 20 y 90 kg/ha, no generando efectos adversos en la especie (Bernardo *et al.*, 1998, Zötl y Tschinke, 1971 en Coy, 1981), se puede notar que la dosis aplicada de S en dicho tratamiento pudo haber sido excesiva. Algunos autores han reportado que el exceso de S puede generar efectos desfavorables en las plantas. Así Furtini *et al.*, (1988) encontraron que el aumento de la disponibilidad de S por encima de los niveles ideales en el suelo (12 y 16,5 ppm) ocasiona drásticas reducciones en la producción de biomasa seca y un decremento menor en la altura de cinco especies de *Eucalyptus* entre las que se encontraba *E. pellita*.

La aplicación de diferentes dosis de silicio en los tratamientos no fue determinante en el comportamiento de DAP y altura. Situación similar encontraron Da Silva y Coelho (2010), en un experimento en el que las fuentes utilizadas diferían entre ellas por la presencia de Si (con un aporte de 768 kg/ha de Si según la mejor dosis encontrada), los resultados mostraron que no hubo diferencias entre las fuentes para generar un buen crecimiento en DAP, demostrando que el Si no incidió sobre esta variable.

Es posible que el efecto del Si sobre las plantas esté relacionado con otros factores que indirectamente se vinculan con el crecimiento. Epstein (1994) menciona algunos entre los que se encuentran la reducción del autosombreamiento por la mayor rigidez de las paredes de las células de los tejidos en general; la protección contra estreses de tipo abiótico por el efecto positivo sobre la reducción de la toxicidad del hierro, manganeso, aluminio y sodio presentes en el suelo, y la disminución de la incidencia de patógenos.

El efecto del P sobre los crecimientos en altura de la especie, se comprobó principalmente en el tratamiento cinco, en donde se empleó la dosis más alta de este elemento. No obstante, es presumible que la presencia de tal efecto esté condicionada por el aporte de Ca, el cual posiblemente se ha encargado del proceso de neutralización del Al^{3+} , que se cree en el momento de la evaluación aún no había terminado.

Valiengo *et al.* (1985), en un ensayo para averiguar el efecto de la cal y del P sobre el crecimiento de *E. grandis*, reportaron que 18 meses después de la siembra los mejores valores obtenidos para DAP y altura (5,59 – 5,44 cm y 8 – 8,03 m), se obtuvieron con una dosis de 4.000 kg/ha de un tipo de cal (CaO: 18,5% y MgO: 15,7%) y 400 kg/ha de P_2O_5 , más una mezcla de N, K, micronutrientes.

Reacción Suelos - Tratamientos

Algunos de los parámetros con los que se verificó el efecto de los tratamientos sobre la acidez del suelo fueron el pH y el aluminio intercambiable en el suelo, que presentaron variaciones en algunos tratamientos como el seis, tres y dos, de aproximadamente una unidad con respecto al valor de pH del testigo. De acuerdo con Garavito (1979) dicho incremento en el pH significa una reducción de la solubilidad del Al intercambiable, el cual no presenta efectos tóxicos cuando la acidez activa del suelo es mayor a 5,5 en la escala de pH.

Es posible que la cantidad de Al encontrada en el testigo (1,27 meq/100 g), se relacione con el bajo contenido de Ca y Mg en el suelo de ese tratamiento, debido a la competencia que se genera entre los iones de estos tres elementos. Todos los tratamientos presentaron contenidos medios de Al, indicando que el proceso de neutralización total de este elemento no se ha finalizado

debido a que las enmiendas aplicadas aún continúan reaccionando en el suelo, o a una mayor necesidad de las mismas.

La relación Ca/Mg en algunos tratamientos no resultó ser la apropiada para permitir la expresión de ambos elementos, esto es entre 2 y 4Ca: 1Mg. En algunos tratamientos (uno, cuatro, cinco y seis) la proporción calculada con las dosis empleadas fue mayor que la obtenida con los contenidos en el suelo, lo que puede encontrar una posible explicación en el comportamiento de los cationes de Mg en el suelo, los cuales llenaron espacios antes ocupados por otros cationes que pueden haber sido absorbidos por los árboles o lavados a capas subsuperficiales del perfil del suelo (Lora, 2010). Procesos que aunque no fueron analizados en el presente ensayo son factibles dadas las condiciones del mismo.

Las mayores cantidades de Ca y Mg en el suelo presentadas por el tratamiento seis pueden deberse a dos factores principalmente. El primero de ellos se relaciona con las dosis altas aplicadas de ambos elementos en las enmiendas, favoreciendo la reacción de las mismas. El segundo factor se encuentra relacionado con el Mg contenido en el producto fertiorgánico, el cual por ser una mezcla orgánico - mineral presenta una reacción más rápida en el suelo que las enmiendas, haciendo disponibles muchos nutrientes que son deficientes en la solución del suelo, entre ellos el Mg (Cales Río Claro, 2011).

La cantidad de P disponible para la productividad del suelo en todos los tratamientos resultó ser baja, asimismo en la mayoría de estos (uno, dos, cuatro y seis) no se observó una correlación directa con las dosis aplicadas.

Es posible que el fósforo aportado por el fertiorgánico y la enmienda triple 30 menores ya haya sido absorbido por las plantas, dada las bajas cantidades aplicadas ($40 - 82 \text{ kg/ha} = 30 - 61 \text{ g/planta}$), de ahí que las mayores alturas y bajos contenidos de P en el suelo se hayan presentado en tratamientos como el dos y el seis.

Barrow (1985 en Oliveira *et al.*, 2008) plantea que en los suelos ácidos el uso de encalamiento es una estrategia para aumentar la disponibilidad de P para las plantas, ya que con el incremento de pH, hay un aumento en la densidad de cargas negativas en las superficies de los coloides del suelo, lo que genera mayor repulsión entre el fosfato y la superficie adsorbente, reduciendo la capacidad máxima de adsorción de P en el suelo.

En el testigo, en donde se encontró la segunda cantidad (mayor) de P en el suelo, es probable que se esté presentando un proceso de fijación de este elemento gracias a los altos contenidos de Al y Fe de este tipo de suelo. Es posible que tanto el Fe como el Al estén reaccionando con las formas solubles del P, generando compuestos menos solubles y poco asimilables por las plantas. Es de suponer entonces que este P al no ser absorbido por las plantas esté fijado en el suelo (Coy, 2009).

Las cantidades de S encontradas en el suelo, fueron altas en todos los tratamientos con valores por encima de 12,65 ppm. De acuerdo con los análisis de suelos realizados tanto en el testigo como en el tiempo "cero", arrojan que el nivel de S de este suelo es superior a los niveles recomendables, definidos entre 5 y 10 ppm. La enmienda triple 30 menores, aplicada en todos los tratamientos, posiblemente contribuyó con el incremento de los niveles de S encontrados.

En el tratamiento cuatro, en donde además del triple 30 fue aplicado el fosfoyeso (16,5% de S), es posible que el sulfato de calcio (yeso) se haya disociado formando abundantes sulfatos (SO_4^-) y que estos al reaccionar hayan generado un efecto de lixiviación de cationes por su capacidad de formar pares iónicos (Bernal, 2008 en Castro *et al.*, 2010).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican una respuesta de la especie con respecto a la aplicación de enmiendas. El uso de enmiendas es necesario en las condiciones de suelos que presenta la zona de Villanueva Casanare, debido a que incrementa el pH y en consecuencia la disponibilidad de algunos nutrientes.

Con respecto al crecimiento en altura, el fósforo tiene una influencia positiva en los tratamientos con dosis mayores de este elemento. La reacción de las enmiendas y los niveles de pH, fueron de gran importancia, ya que facilitaron la creación de condiciones adecuadas para la absorción del fósforo por las plantas.

Los contenidos de nutrientes en el suelo, con la información disponible, no revelaron mucha información acerca de los procesos que se han llevado a cabo en el suelo y entre este y la planta, dado que no se conocen los contenidos actuales de los nutrientes en los árboles evaluados con los que se determine si estos fueron absorbidos por las plantas o por el contrario se lixiviaron en el perfil del suelo.

Aunque en la mayoría de los tratamientos no se haya incrementado el pH a niveles superiores a 5, el aumento presentado fue significativo con respecto a la inversión realizada por tratamiento, se estima que con dosis que eleven el valor de la relación Ca/Mg el valor del pH se ubique en un rango ideal entre 5,5 y 6.

Los resultados obtenidos en el presente ensayo constituyen un punto de partida para futuros ensayos con esta y otras especies en donde se afinen y mejoren algunas condiciones como el diseño experimental y el material genético que permitan obtener resultados más certeros, que maximicen la productividad de las plantaciones comerciales y generen al inversionista y al reforestador mayor confianza en sus resultados.

REFERENCIAS

- Álvarez, M & García, F., 2007. *Eucalyptus pellita*, especie multipropósito al servicio de la ganadería en los llanos orientales. CORPOICA. Tibaitatá.
- Bernardo, A., Reis, M., Reis, G. y Harrison, R., 1998. Effect of spacing on growth and biomass distribution in *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita* and *E. urophylla* plantations in southeastern Brazil. For Ecol Manage (104): 1 – 13.
- Cales Río Claro, 2011. Portafolio de productos.
- Castro, H. y Gómez, M., 2010. Fertilidad de suelos y fertilizantes. En: Burbano, H. y F. Silva. Ciencia del suelo: principios básicos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.
- Coy, A., 1981. Fertilización forestal en los trópicos con énfasis en eucaliptos y coníferas. Agroforest LTDA.
- Coy, A., 2009. La acidez del suelo, énfasis en la llanura baja inundable de los departamentos de Casanare y Meta, Colombia
- Da Silva, J. y Coelho, L., 2010. Calcário e silicato aplicados em eucalipto: Efeito no solo e na planta. Biosci. J., (26): 919-924.
- De Dieu Nzila, J., Bouillet, J., Laclau, J. y Ranger, J., 2002. The effects of slash management on nutrient cycling and tree growth in *Eucalyptus* plantations in the Congo. For. Ecol. Manage. (171): 209-221.
- Epstein, 1994. The anomaly of silicon in plant biology. Proc. Natl. Acad. Sci. USA (91): 11-17.
- Furtini, A., Vale, F., Muniz J. y Guedes, G., 1988. Efeito do enxofre no crescimento de cinco espécies de eucalipto. Árvore (12): 1-11.

Garavito, F., 1979. Propiedades químicas de los suelos. 2ª edición. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" Subdirección Agrológica.

Gonçalves, J., Stape, J., Benedetti, V., Fessel, V. y Gava, J., 2005. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. En: Gonçalves. J y V. Benedetti (eds.). Nutrição e fertilização florestal. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF. São Paulo – Brasil.

IGAC, 1991. Suelos del departamento de Casanare. Instituto Geográfico Austin Codazzi. Subdirección agrológica. Bogotá, D.C.

Judd, T., Bennet, L., Weston, C., Attiwill, P. y Whiteman, P., 1996. The response of growth and foliar nutrients to fertilizers in young *Eucalyptus globulus* (Labill.) plantations in Gippsland, southeastern Australia. For Ecol Manage (82): 87-101.

Lora, R., 2010. Propiedades químicas del suelo. En: Burbano, H. y F. Silva (eds.). Ciencia del suelo, principios básicos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá D.C.

Nieto, V. y Gasca, G., 2010. Experiencias y avances en el manejo silvicultural de *Eucalyptus pellita* F. Muell en la Orinoquia Colombia. Primera edición. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal-CONIF. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-MADR y Refocosta S.A.S. Bogota D. C.

Oliveira, J., Pozza, A., Guedes, J., Silva, C. y Curi, N., 2008. Efeito da calagem na nutrição mineral e no crescimento inicial do eucalipto a campo em Latossolo humico da Zona da Mata (MG). Scientia Forestalis (36): 255-263.

Roncancio, D. & Castañeda, A., 2003. Zonificación y Planificación para el desarrollo de la cadena forestal productiva a partir de líneas industriales predeterminadas en el departamento de Casanare. Colombia. Irrestricta, Identificación y priorización de áreas para el desarrollo forestal del Departamento. CONIF - Gobernación de Casanare.

Silveira, R., Higashi, E., Gonçalves, A. y Moreira, A., 2005. Avaliação do estado nutricional do *Eucalyptus*: diagnose visual, foliar e suas interpretações. En: Gonçalves. J y Benedetti. V. (Eds). Nutrição e fertilização florestal. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF. São Paulo.

Valiengo, S., Corradine, L. Bergemann, I. de Souza, E. y Banzato, D., 1985. Efeitos do fósforo e calcário dolomítico no desenvolvimento inicial de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden plantado em um regossolo. IPEF (29): 55-60.

DIAGNÓSTICO DEL IMPACTO DE LOS PRODUCTOS FORESTALES NO MADEREROS (PFNM) EN EL INGRESO Y ALIMENTACIÓN DE LOS PEQUEÑOS PROPIETARIOS EN LA REGIÓN DEL BIO BIO, CHILE

Chung, Patricio⁹; Sotomayor, Alvaro¹; Lucero Alejandro¹

RESUMEN

En Chile existe una amplia variedad de Productos Forestales No Madereros (PFNM), principalmente productos que se utilizan en la alimentación, medicina, artesanía o con fines decorativos.

El aporte que estos productos tienen en la economía rural y en la alimentación de los más pobres aún es desconocido. Es sabido que estos productos permiten generar trabajos a cientos de miles de personas en zonas deprimidas, sobretodo en épocas de mayor escasez de trabajo, generando ingresos que sirven de complemento al ingreso familiar o en casos más extremos constituyendo la única entrada para solventar los gastos familiares.

Para conocer el impacto de los PFNM en las poblaciones rurales de la Región del Bio Bio, Chile, se realizó una encuesta que fue validada por diferentes actores relacionados con el tema a nivel regional.

La aplicación directa de esta encuesta permitió establecer un diagnóstico preliminar del aporte de estos productos en los ingresos y alimentación familiar de pequeños propietarios y recolectores de la región.

Se utilizó el Censo Agropecuario y Forestal realizado en el año 2007 como información base para definir la distribución de un total de 120 encuestas realizadas al azar en los territorios seleccionados. Para la muestra, se seleccionó 6 comunas de la Región del Bio Bio; 2 comunas de la zona costera, Tirúa y Cobquecura; 2 comunas del sector de secano interior, Quirihue y Yumbel; y 2 del área precordillerana, Santa Bárbara y El Carmen.

Los antecedentes recogidos fueron analizados y los resultados obtenidos en las 6 comunas muestran que el aporte promedio de los PFNM al ingreso familiar de los pequeños propietarios alcanza a un 19,11% del ingreso total.

Los principales productos comercializados son frutos forestales como mora (*Rubus ulmifolius*), rosa mosqueta (*Rosa rubiginosa*), murtilla (*Ugni molinae*) y avellana (*Gevuina avellana*), seguidos de hongos, como digüeñe (*Cyttaria spp.*), changle (*Ramaria spp.*) y callampa del pino (*Suillus spp.*).

El aporte promedio mensual al ingreso familiar es cercano a los 53.000 pesos. Del número de encuestados, el 18,92% trabaja habitualmente con los PFNM y cerca del 67% percibe ingresos menores a los \$500.000 anuales.

Palabras clave: PFNM, pequeños productores, *Rubus ulmifolius*, *Rosa rubiginosa*, *Ugni molinae*, *Gevuina avellana*, *Cyttaria spp.*, *Ramaria spp.*, *Suillus spp.*

⁹ Instituto Forestal, Sede Bio Bio. Chile, pchung@infor.cl

SUMMARY

There is In Chile a wide variety of non-wood forest products (NWFP), consisting mainly of products used in food, medicine, crafts and decorative. The contribution that they have, especially in the rural economy and in feeding the poor, is still unknown. It is known that these products can generate jobs for hundreds of thousands people in deprived areas, especially in times of greater scarcity of labor, generating revenues that complement the family income or in extreme cases be the only input to cover the family expenses

To understand the impact of NWFP in rural populations of the Bio Bio region of Chile, a survey was conducted that was validated by different actors related to the topic at the regional level.

The direct application of the survey allowed a preliminary diagnosis on the current status of the contribution of NWFP in the small landowners and collectors regarding to the household income and food use in the Bio Bio region, Chile.

The Census of Agriculture and Forestry conducted in 2007 was used as basis information to define the distribution of a total of 120 surveys randomly applied. To the sample were selected six communes of the Bio Bio Region; 2 in the coastal zone, Cobquecura and Tirúa; 2 in the dry inland sector, Yumbel and Quirihue; and 2 of the foothills area, Santa Barbara and El Carmen.

Collected records were analyzed and results in the six communes show that the average contribution of NWFP to household income of smallholders reached 19.11% of total income.

The main products sold are forest fruits, such as Blackberries (*Rubus ulmifolius*), Rosehips (*Rosa rubiginosa*), Myrtle (*Ugni molinae*) and Hazelnut (*Gevuina avellana*), followed by fungi, such as Digüefe (*Cyttaria spp.*), Changle (*Ramaria spp.*) and Pine Mushroom (*Suillus spp.*).

The contribution to the average monthly income is close to \$53,000. Within the number of respondents, 18.92% uses to work with the NWFP and about 67% has a year income less than \$500,000.

Keywords: NWFP, small producers, *Rubus ulmifolius*, *Rosa rubiginosa*, *Ugni molinae*, *Gevuina avellana*, *Cyttaria spp.*, *Ramaria spp.*, *Suillus spp.*

INTRODUCCIÓN

En Chile existe una amplia variedad de Productos Forestales No Madereros (PFNM), que dan sustento y alimentación a muchos habitantes del ámbito rural del país. La gran mayoría de los habitantes de sectores rurales utiliza estos recursos naturales como una forma de mitigar síntomas de enfermedades, mediante el uso de hierbas medicinales u otros productos naturales como frutos, cortezas y hojas, entre otros; en la preparación de alimentos; en el proceso de tinción o en la fabricación de tejidos; constituyéndose algunos de estos en productos de altísimo valor para algunas culturas o para familias de algunas localidades.

Se estima que alrededor de 200.000 personas participan en Chile en la recolección de PFNM, dando trabajo en zonas rurales principalmente a mujeres y niños (Valdebenito *et al.*, 2002).

De acuerdo a FAO (2003) los Productos Forestales No Madereros (PFNM) son definidos como *bienes de origen biológico distinto a la madera, derivado del bosque, de otras áreas forestales y de los árboles fuera del bosque*. Esta definición aplicada a la Región del Bio Bio, indica que la recolección y uso de los PFNM tiene una amplia ocurrencia en vastos sectores definidos por sus condiciones bio-geográficas, ecológicas, socioeconómicas, e históricas a lo largo del territorio regional. Esto sugiere que las estrategias y políticas para el manejo de estos recursos debieran ser implementadas tomando en cuenta las circunstancias locales (Chamberlain *et al.*, 2004; cit por Ortiz *et al.*, 2008).

En el país se ha descrito alrededor de 300 PFNM (Valdebenito *et al.*, 2002), destacando las especies con fines medicinales, hongos comestibles, especies ornamentales y decorativas más comunes, los cuales son recolectados, consumidos y/o vendidos por las familias más modestas, complementando sus ingresos y la alimentación en algunos casos durante todo el año o en parte de él.

En la región los recolectores se presentan en diversas situaciones geográficas, desde zonas precordilleranas y cordilleranas, sectores de secano o valle interior, hasta áreas cercanas a la costa. Esto deriva de la variabilidad de situaciones vegetacionales presentes en la región, con presencia tanto de bosques con diversas especies nativas como de plantaciones de especies exóticas principalmente de *Pinus radiata* cuyo cultivo han permitido generar importantes recursos no madereros como son los hongos.

Los PFNM han sido muy poco estudiados, conociéndose solo sus hábitats naturales donde crecen y se desarrollan, pero desconociéndose su importancia para las familias en las localidades rurales, respecto a los ingresos que se puedan generar con su venta como también sus cualidades e importancia desde el punto de vista alimenticio.

Como resultado de la escasa información, los PFNM por lo general no son considerados en las estadísticas nacionales, tampoco al diseñar estrategias de manejo de los ecosistemas forestales y agroforestales y mucho menos en estrategias de desarrollo y políticas públicas.

En muchos casos la limitada demanda y la informalidad de su mercado han conducido a un bajo interés por estudiar las especies que producen los PFNM y por implementar proyectos productivos en torno a su recolección (Tacón *et al.*, 2006).

OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivo reunir información sobre el aporte de los PFNM al ingreso y a la alimentación de los pequeños productores agrícolas y recolectores en la Región del Bio Bio.

MATERIAL Y METODO

Grupo Objetivo

Con el fin de identificar los PFNM que recolectan, consumen y venden los miles de pequeños propietarios rurales existentes en la Región del Bio Bio, se definió el grupo objetivo a estudiar, conformado por los pequeños propietarios que habitan el territorio rural y que se encuentran en la categoría de pequeño propietario agrícola o forestal, definida por el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y la Corporación Nacional Forestal (CONAF).

Específicamente, la Ley 18.910, en el Artículo 13, define al pequeño propietario agrícola como aquel que explota una superficie no superior a las 12 hectáreas de riego básico (HRB), cuyo activo no supere el equivalente a 3.500 unidades de fomento (UF), que su ingreso provenga principalmente de la explotación agrícola, y que trabaje directamente la tierra, cualquiera que sea su régimen de tenencia. Además, en la Ley N° 20.283 se define al pequeño propietario forestal como la persona con título de dominio sobre uno o más predios rústicos, cuya superficie en conjunto no exceda las 200 hectáreas. Esta superficie se amplía en el caso de pequeños propietarios ubicados en algunas regiones del país, particularmente aquellos de las regiones de Aysén y Magallanes, quienes podrán tener superficies de hasta 800 hectáreas, siempre que sus activos no superen el equivalente a 3.500 UF y sus ingresos provengan principalmente de la explotación agrícola o forestal.

Diseño y Aplicación de la Encuesta

La encuesta (Apéndice N° 1) fue diseñada para obtener información del aporte de los PFNM en el ingreso familiar, el aporte de las mujeres, niños y adultos mayores en la recolección y posterior venta de estos productos, los tipos de productos que se consumen y/o comercializan, entre otros aspectos (Cuadro N° 1), y fue aplicada en forma de entrevista personal a los encuestados.

Cuadro N° 1
PRINCIPALES ASPECTOS DE LA ENCUESTA

Temas Encuestados	
Antecedentes Generales y Propiedad y Propietario	-Nombre del propietario y de la propiedad -Rol -Superficie -Otros
Antecedentes de Género	-Participación en actividades relacionadas a los PFNM -Aportes a los ingresos totales de la familia
Ingreso Familiar	-Actividades agrícolas, ganaderas y/o forestales -Actividades relacionada a los PFNM -Otros Ingresos
Tipos de PFNM	-Venta -Consumo
Antecedentes de Recolección, Venta y Consumo	

Para la aplicación de la encuesta en terreno se buscó el apoyo en el conocimiento que poseen algunas organizaciones que se encuentran en permanente contacto con los pequeños

propietarios, de forma de facilitar la búsqueda de las personas para su entrevista. Para ello, se tomó contacto con INDAP, entre otras agrupaciones.

La encuesta fue validada por INFOR y la Mesa de Recolectores de PFM de la Región del Bio Bio a través de consultas a investigadores y recolectores que componen esta mesa en la región.

Selección de Productores y Territorios para la Encuesta

En el país existe un total aproximado de 270.000 pequeños propietarios, de los cuales en la Región del Bio Bio hay unos 57.000, distribuidos en las 4 provincias, y 52.000 poseen menos de 200 hectáreas y califican como pequeños productores.

Para definir la aplicación de la encuesta en el territorio de la región, se dividió el territorio en tres macrozonas; precordillera, secano interior y zona costera. La división político administrativa de la región contempla cuatro provincias, cada una de ellas constituida por un número variable de comunas, que en total suman 52.

En cada una de las provincias, exceptuando la de Concepción, por su carácter mayoritariamente urbano, se seleccionó dos comunas por cada macrozona definida para la captura de información.

En la provincia de Arauco se seleccionó la comuna de Tirúa para la zona costera; en la provincia de Bio Bio, las comunas seleccionadas fueron Santa Bárbara y Yumbel correspondientes a las macrozonas precordillera y secano interior, respectivamente; y en la provincia de Ñuble, las comunas de Cobquecura ubicada en la zona costera, Quirihue situada en la zona de secano interior y El Carmen en la zona de precordillera. En resumen, 6 comunas, 2 para cada macrozona (Cuadro N° 2).

El tamaño de la muestra se calculó en 381 encuestas para un error de 5%, sin embargo la disponibilidad de tiempo y presupuesto y la dificultad de acceso a algunos propietarios hicieron reducir el muestreo a 120 encuestas, aceptando un error de 8,9%.

Para establecer la forma de aplicar las encuestas sobre el total de pequeños propietarios, se realizó la primera etapa de selección de las comunas en las cuales se aplicaría la encuesta respectiva y se empleó la información tomada por el Censo Agropecuario del año 2007 (INE, 2010).

Se dimensionó así el número de pequeños propietarios presentes en la región y su distribución.

Con esta información se seleccionó primeramente las comunas que poseían sobre 1.000 informantes y de ellas se escogió dos comunas de acuerdo a cada una de las macrozonas antes mencionadas.

Se agrupó a los productores en dos grupos; propietarios con superficie igual o menor a 50 hectáreas y propietarios con superficies de más de 50 ha y menos de 200 hectáreas, tomando en consideración las definiciones de pequeño propietario forestal, dadas por CONAF e INDAP.

La asignación de las 120 encuestas se efectuó de acuerdo a la participación porcentual de pequeños propietarios de cada provincia dentro del total de pequeños propietarios en las provincias objeto de la encuesta y se procedió de similar manera para la distribución por comuna y tamaño de propietario (Cuadros N° 2 y N° 3).

Cuadro N° 2
DISTRIBUCIÓN DE PEQUEÑOS PROPIETARIOS
SEGÚN PROVINCIA Y COMUNA

País / Provincia / Comuna / Macrozona			Pequeños Productores				
			1 a < 50 ha		> 50 a < 200 ha		Total
			(N°)	(%)	(N°)	(%)	(N°)
País			245.389	91,4	23.060	8,6	268.449
Región del Bio Bio			52.491	93,1	3.908	6,9	56.399
Provincia	Comuna	Macrozona					
Concepción			4.097	94,4	244	5,6	4.341
Arauco			4.846	88,9	608	11,1	5.454
	Tirúa	Costa	945	92,2	80	7,8	1.025
Bio Bio			15.439	92,6	1.234	7,4	16.673
	Santa Barbara	Precordillera	960	88,7	122	11,3	1.082
	Yumbel	Secano Interior	1.835	94,6	105	5,4	1.940
Ñuble			28.109	93,9	1.822	6,1	29.931
	Cobquecura	Costa	762	90,6	79	9,4	841
	El Carmen	Precordillera	1.964	95,0	103	5,0	2.067
	Quirihue	Secano Interior	919	88,7	117	11,3	1.036

Cuadro N° 3
DISTRIBUCIÓN DE ENCUESTAS
SEGÚN PROVINCIA, COMUNA Y TAMAÑO PROPIETARIOS

Provincia	Comuna	Macrozona	Provincia*	Encuestas Provincia	Encuestas Comuna	Encuestados	
						1 a < 50 ha	> 50 a < 200 ha
			(%)	(N°)	(N°)	(N°)	(N°)
Arauco			10,5	13			
	Tirúa	Costa			13	12	1
Bio Bio			32,0	38			
	Santa Barbara	Precordillera			14	12	2
	Yumbel	Secano Interior			24	23	1
Ñuble			57,5	69			
	Cobquecura	Costa			15	14	1
	El Carmen	Precordillera			36	34	2
	Quirihue	Secano Interior			18	16	2

* Proporción pequeños productores sobre total provincias a encuestar

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los antecedentes recogidos en las encuestas, en base a las 6 comunas tomadas como muestra representativa de las Región del Bio Bio, se obtuvieron antecedentes, cuyos principales resultados se presentan a continuación.

Personas que Trabajan con PFNM

El análisis de las encuestas indica que un 18,92% de los pequeños propietarios actúan como recolectores y vendedores de los productos y, de estos, las mujeres realizan el mayor esfuerzo en las tareas de recolección, participando en un 49,35%, en relación a los hombres que alcanzan un 28,57%. Además, se cuenta con una participación no menor, 22,08%, de jóvenes de menos de 18 años (Figura N° 1).

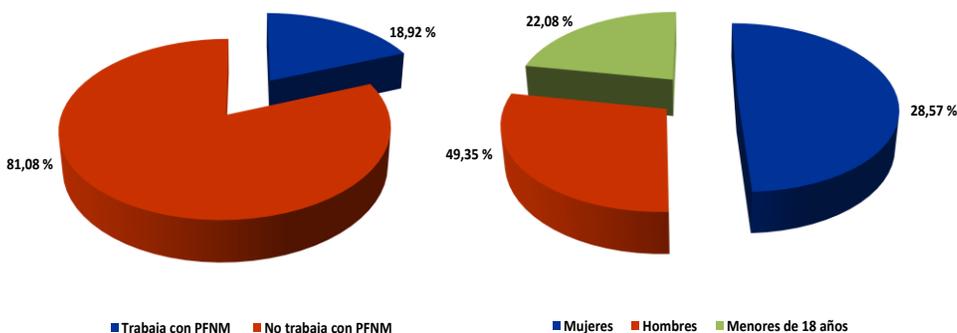


Figura N° 1
PROPORCIÓN Y TIPO DE PERSONAS LIGADAS A LA RECOLECCIÓN Y VENTA DE PFNM

No obstante, un 78,4% de estos propietarios está ligado de algún modo a los PFNM, sea como recolector, consumidor, vendedor o comprador.

Ingresos Provenientes de PFNM

El ingreso promedio por concepto de venta de PFNM equivale al 19,11% del ingreso total familiar. Estos ingresos les permiten cubrir parte de su salario anual, complementando los ingresos principales por otras actividades (80,89%) (Figura N° 2).

Las familias ligadas a la recolección de PFNM y que venden los distintos productos de la región logran obtener un ingreso promedio por familia por este concepto cercano a \$53.000 al mes, lo que es un ingreso interesante para las familias, obtenido de productos extraídos del bosque.

La mayoría de los pequeños propietarios (66,7%) obtiene ingresos anuales por venta de PFNM por debajo de los \$500.000 (Figura N° 2), mientras que un segmento menor obtiene ganancias por sobre el \$1.000.000, permitiendo un aporte importante al ingreso familiar, cuyo ingreso principal proviene de la actividad agrícola, seguido de la actividad ganadera y con una

pequeña participación en la actividad forestal, actividades que comúnmente desarrolla el dueño de casa.

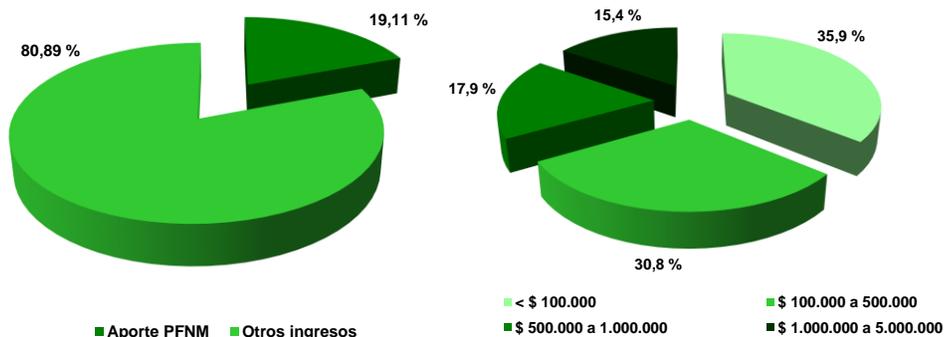


Figura N° 2
APORTE DE LOS PFNM AL INGRESO FAMILIAR E INGRESOS ANUALES POR PFNM

Uso de PFNM

Entre los PFNM colectados existe una cantidad de productos que sirven de alimento a los pequeños propietarios y también para su comercialización. Estos se clasifican principalmente en las categorías de frutos, hongos, hierbas, miel y semillas, las que poseen una participación diferente de acuerdo a la comuna donde se extraen tales recursos (Figura N° 3).

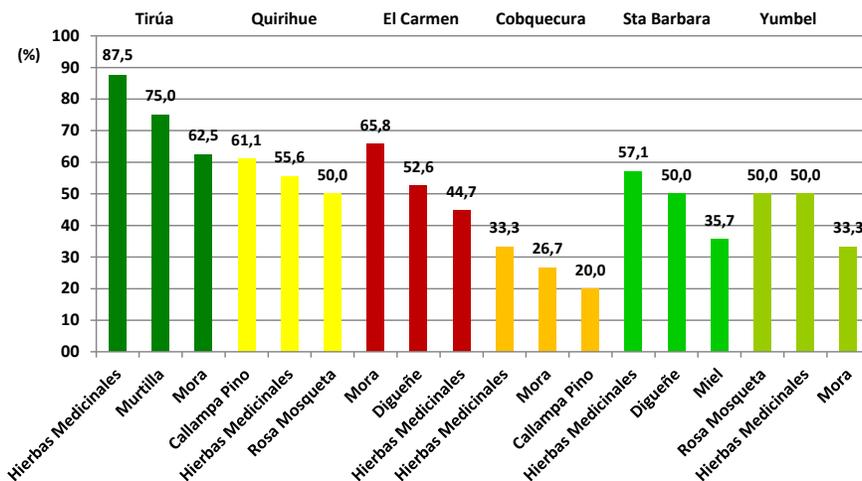


Figura N° 3
PRINCIPALES PFNM POR COMUNA

Es posible apreciar que en el caso de Quirihue por ejemplo predominan las extracciones y consumo de callampas de pino, hierbas y rosa mosqueta; en Tirúa hierbas, murtilla y mora; o en Yumbel rosa mosqueta, hierbas y mora.

Tomando el conjunto de los PFNM presentes en las 6 comunas encuestadas, dentro de los tres grupos de productos de importancia en cuanto al uso de ellos en la alimentación se encuentran las hierbas medicinales con un 52,8%, seguido por los frutos silvestres como la mora, la rosa mosqueta y murtilla y por último, los hongos con predominio del digüeño, seguido del changle y la callampa del pino.

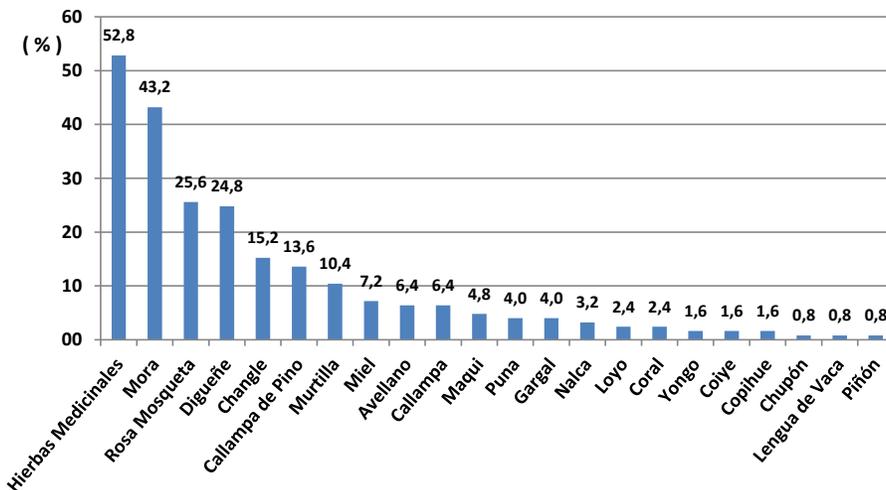


Figura N° 4
PFNM RECOLECTADOS EN LA ALIMENTACIÓN DE
LOS PEQUEÑOS PROPIETARIOS DE LA REGIÓN DEL BIO BIO

Los productos más utilizados son las infusiones con hierbas del campo con un 54,4%; seguido de la preparación de mermeladas principalmente elaboradas con frutos de mora y rosa mosqueta con un 47,2%; y el consumo en fresco de productos como el hongo digüeño y frutos como mora, coipe y murtilla, entre otros, lo que alcanza a un 38,4% (Figura N° 5).

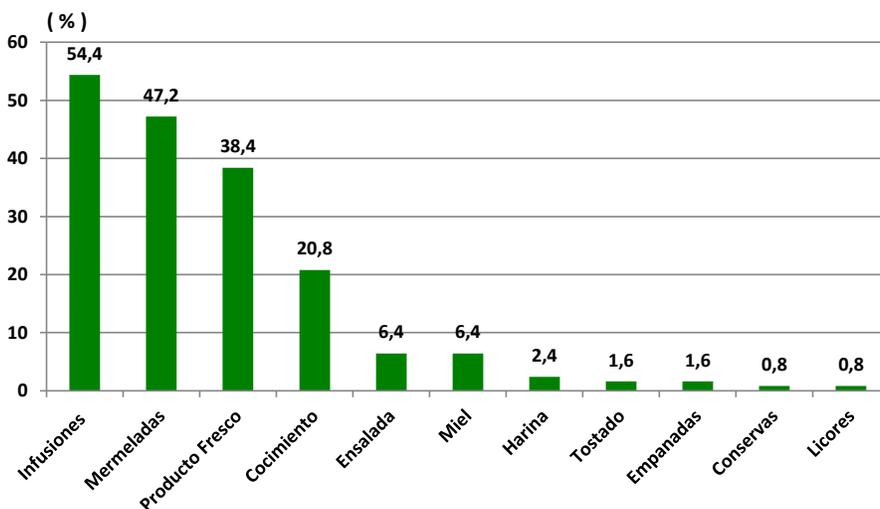


Figura N° 5
FORMAS DE USO DE PFNM DE LOS PEQUEÑOS PROPIETARIOS
DE LA REGIÓN DEL BIO BIO

Productos como los hongos, que permiten la elaboración de cocimientos o empanadas utilizando el changle, la callampa del pino, la lengua de vaca, gargal o loyo; la avellana, para el tostado de su semilla o la preparación de harina; la miel, para su consumo natural acompañando el desayuno o en la preparación de queques; el uso de hierbas, para la elaboración de licores; la elaboración de conservas, entre otros; muestran la gran variedad de usos que se les da en las zonas rurales a estos recursos naturales alimenticios que forman parte de los bosques y la importancia que tienen como alternativas para complementar la alimentación con productos más baratos, de gran poder nutritivo, en muchos casos con características medicinales.



Figura N° 6
HONGO DEL PINO (*Suillus granulatus*) (izq.), FRUTO DE MURTILLA (*Ugni molinae*) (centr.)
y FRUTO DEL COPIHUE (*Lapageria rosea*) (der.)

Entre otros productos, que se encuentran en detalle en el Apéndice N° 2 con sus respectivos nombres científicos, se encuentran alimentos como frutos, tallos, hongos, semillas o plantas de escasa aparición en este caso, como la nalca, coral, maqui, piñon, coipe o coile, copihue, gargal, loyo y muchos otros, que según comentan los entrevistados se encuentran en franca desaparición de los sectores donde viven, por los cambios de uso de las tierras y el desconocimiento de las nuevas generaciones sobre el uso ancestral de cada una de ellos, entre otras razones.

Necesidades de Capacitación

Los pequeños propietarios manifiestan inquietudes por capacitación en el ámbito de la elaboración de productos con más valor agregado como un medio para aumentar sus ingresos, la que debiera complementarse con orientaciones respecto de mercados que demanden estos productos.

Como una forma de identificar las falencias y riesgos que pudieran afectar al pequeño propietario en sus actividades de recolección, uno de los aspectos consultados fue el tema de la capacitación. Es así como en este tema, sobre el 80% de los encuestados manifiesta no haber tenido ningún tipo de preparación con alguna institución, obteniendo el escaso conocimiento a través de su familia el 56,4% de ellos, en tanto que el resto dicen obtenerlo observando a vecinos y compradores que vienen a solicitar los productos hasta sus casas.

La necesidad de mayores conocimientos en torno a los PFNM se ve reflejada en que casi el 70% de los encuestados desea recibir capacitación en temas de interés sobre el producto que recolecta. Dentro de los temas más recurrentes están el procesamiento, la comercialización de sus productos y la elaboración de productos con valor agregado, además de la posibilidad de poder ofrecer una mayor variedad de productos a partir de lo que recolectan. Esta necesidad se repite en varios recolectores, principalmente aquellos cuyos productos son la rosa mosqueta, la miel y la callampa de pino. Otros en tanto, mencionan el cultivo como una alternativa a la recolección para mejorar los montos colectados y disminuir los tiempos de cosecha, como es el caso de la rosa mosqueta, la murtilla o la mora.

Problemas en la Recolección de PFNM

Respecto de la recolección de los productos, un 59% afirma que existe un aumento de personas de la localidad que han entrado a la actividad de recolección, unido a que cerca del 64% afirma que ingresan recolectores de otras localidades. Un 56,4% afirma que existe una mayor competencia por los productos que ellos recolectan. Sin embargo, a pesar de una mayor competencia en el rubro de la recolección, las encuestas reflejan que cerca del 77% de los encuestados afirma que existe una permanencia de los recolectores en el rubro, posiblemente por la falta de otras fuentes de trabajo o al hecho de poder obtener ganancias para suplementar sus ingresos mensuales.

Estos datos sugieren también una fuerte presión sobre los recursos del bosque, lo que podría perjudicar sus sostenibilidad debido a la sobreuso, lo que se suma a otro efecto negativo dado por los cambios de usos de la tierra.

Un 56,4% de los encuestados manifiesta que la recolección de sus productos no ha disminuido respecto de años anteriores, sin embargo es preocupante la cifra de 43,6% que estima que si ha obtenido menores cosechas en comparación al año anterior. Esta preocupación se reafirma con la respuesta dada por el 64,1% de los encuestados que confirman la disminución de las cosechas en su localidad.

Lo anterior hace suponer que para completar su cuota de recolección las personas debieran trasladarse a mayores distancias para extraer estos recursos, ejerciendo presión sobre

estos en otras zonas aledañas.

No obstante, el 71,8% de los encuestados manifiesta extraer sus productos en el mismo lugar, sin necesidad de desplazarse a grandes distancias. La obtención de productos como la miel o las hierbas medicinales no requiere de grandes desplazamientos, pero otros como la rosa mosqueta, la mora o las callampas de pino en muchos casos obligan a los recolectores a desplazarse a mayores distancias.

Aporte de los PFNM a la Calidad de Vida

Un alto porcentaje de los pequeños propietarios, más del 97%, considera que los PFNM permiten una mejora substancial en el ingreso familiar, logrando una importante fuente de trabajo sobre todo a las dueñas de casa, personas de la tercera edad y niños, otorgando también una fuente de alimentos naturales para el consumo fresco o en la elaboración de variadas preparaciones culinarias de gran calidad nutritiva, permitiéndoles finalmente mejorar su calidad de vida.

Lo anterior se refleja en el porcentaje del ingreso total que aportan los PFNM al sueldo familiar anual. Más aun, este porcentaje calculado del 19,11% se transforma en un 22,19% si se toma a familias de pequeños propietarios (53,8%) que se encuentran bajo el sueldo mínimo, llegando incluso a extremos en que la recolección pudiera aportar en un 85% de su sueldo anual. Sin embargo, casi el 60% de las respuestas indican que pese a las ventajas que demuestran estos productos en la calidad de vida de las familias, esto no evita el abandono de los campos para emigrar a las ciudades para mejorar sus oportunidades de trabajo.

No obstante, las encuestas señalan una satisfacción por la actividad en torno a los PFNM; un 72,8% consume estos productos, un 77,6% recolecta y un 31,2% comercializa estos productos, lo que demuestra un aporte significativo para las familias campesinas.

Comercialización de los PFNM

Un producto de relativa importancia en esta región es la miel, que genera precios interesantes y volúmenes importantes, que van desde los 350 a los 4.000 kilos. Sin embargo, estos volúmenes están concentrados en unos pocos productores, comparado con los otros productos mencionados que son de recolección más masiva.

La participación en el monto total en dinero obtenido por la venta de PFNM por los pequeños propietarios encuestados ubica en primer lugar a la rosa mosqueta, con un 40,1%, seguida por la miel, con un 36,8%, y en tercer lugar la callampa del pino, con un 19,5% de participación. Con menor participación se encuentran la mora, con un 3%, la murtilla, con un 0,5%, y la avellana, con un 0,3%.

En cuanto a los precios de los productos, para rosa mosqueta los valores pagados fluctúan entre 150 y 220 \$/kg, para mora desde 300 hasta 500 \$/kg, para la murtilla entre 600 a 1.000 \$/kg, para hongo deshidratado entre 1.500 y 3.000 \$/kg (120 \$/kg fresco), la miel muestra valores entre 1.300 y 2.000 \$/kg y la avellana se compra por saco de entre 20 y 30 kg a un valor de \$6.000.

En lo que se refiere a la recolección de los productos del bosque y su manejo post cosecha, el 95% de los recolectores no aplica una normativa sanitaria que asegure una buena calidad e inocuidad de lo recolectado. El 60% de los recolectores no hace una selección al recolectar y un 61,5% de ellos señala que los compradores hacen exigencias de calidad por lo que habrían algunos estándares en materia de la calidad de los productos. Los recolectores se sienten perjudicados dado que en un 89,7% manifiestan que el precio es determinado por los compradores. La falta de una norma sanitaria, sin embargo, no parece afectar a los pequeños propietarios que venden sus PFNM, e indican no tener mayores problemas en la venta (97,4%), y

la relación con el comprador, que por lo general los visita en épocas de cosecha, informan que es buena (92,3%).

El desconocimiento de algunas prácticas para mejorar la calidad del producto a recolectar o ya recolectado se ve reflejado en la falta de un acuerdo previo que debiera reflejarse en el precio pagado por el comprador, Respecto de esto, un 74,4% de los productores afirma que el precio se ha mantenido desde el año anterior y que dista mucho del precio final pagado en el comercio. Al respecto, un 82,1% de los recolectores, pesar de no tener problemas en la venta, no posee acuerdos preestablecidos de volúmenes, calidad y precios, acordes además con las variaciones de producción que tienen los PFMN debido principalmente a fluctuaciones climáticas, que limitan la regularidad en las producciones. Esto plantea un problema para los recolectores, ya no hay seguridad de venta, de precio ni de cantidad.

CONCLUSIONES

Los resultados del estudio permiten recalcar la importancia que los PFMN tienen en la alimentación y en los ingresos familiares de los pequeños propietarios rurales. Un gran porcentaje de ellos utiliza uno o más productos dentro de su dieta diaria y además complementa sus ingresos anuales con la venta de estos. Los resultados indican que el 19,11% de sus ingresos proviene de la venta de PFMN.

Las actividades de recolección permiten una alternativa de trabajo a dueñas de casa o mujeres integrantes del grupo familiar, 49,35% en las 6 comunas, y menores de edad, 22,08%, integrando a estos dos segmentos a la obtención de ingresos extras para el grupo familiar.

El estudio arroja un ingreso promedio cercano a \$53.000 al mes por familia por concepto de ventas de PFMN, lo que permite un ingreso importante para aquellas familias que complementan sus ingresos con la comercialización de los productos extraídos del bosque.

El análisis de las encuestas determinó que el 66,7% de los pequeños propietarios obtienen ingresos anuales por venta de PFMN por debajo de los \$ 500.000, siendo su ingreso principal el proveniente de la actividad agrícola, seguido de la actividad ganadera y una pequeña participación de la actividad forestal, actividades que comúnmente desarrolla el hombre dueño de casa, que tiene una participación menor en la actividad relacionada con los PFMN. No obstante, un 33,3% de los pequeños propietarios obtiene ingresos anuales relacionados con los PFMN por sobre los \$ 500.000 e incluso un 15,4% por sobre \$ 1.000.000.

Existen tres productos con un alto grado de participación en los montos de ingresos de los pequeños propietarios, que son la rosa mosqueta con un 40,1%, la miel con un 36,8% y la callampa del pino con un 19,5%, para los cuales se debería introducir tecnologías que permitan mejorar la producción, la calidad y la variedad de productos derivados de estos. Sin embargo, también es necesario esto para otros productos, como mora, murtilla y avellana, y para otros que en la actualidad no se encuentran en el comercio, pero que pueden ser una alternativa real de diversificación de productos naturales y de ingresos para los recolectores.

Los resultados del estudio pueden ser objeto de mayor análisis, pero se estima que entregan una visión preliminar y actualizada de lo que sucede en la región respecto a los PFMN y su importancia en la calidad de vida de las familias de los pequeños propietarios silvoagropecuarios. Posteriores estudios podrán apuntar a potenciar un desarrollo económico sustentable con el manejo de estos recursos, con la implementación de tecnologías aplicables a su mejoramiento y diversificación, a una mayor cobertura geográfica de estas prospecciones, dado que existe una gran variedad de PFMN en las diferentes regiones del país. .

REFERENCIAS

FAO, 2003. Productos Forestales no Madereros.

En línea <<http://www.fao.org/forestry/nwfp/6388/es/>> (Consulta: 21septiembre 2011)..

INE, 2010. Censo Agropecuario y Forestal 2007 Resultados por Comuna. Instituto Nacional de Estadísticas. En línea <http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/censos_agropecuarios/censos_agropecuarios.php> (Consulta: 31 agosto 2011).

Ortiz, K.; Román, B. y Nahuelhual, L., 2008. Generación de Ingreso Rural a Partir de la Recolección de Follaje Ornamental de Cuatro Especies Nativas de los Bosques Costeros del Sur de Chile. *Agro Sur* 36(3):168-177

Valdebenito, G.; Aguilera, M. y Larrain, O., 2002. Catastro y Proyecciones. Proyecto Innovación Tecnológica y Comercial de Productos Forestales No Madereros (PFNM) en Chile. Instituto Forestal, Chile (INFOR). 14 p.

Tacón, A.; Palma, J.; Fernández, U. y Ortega, F., 2006. El Mercado de los Productos Forestales No Madereros y la Conservación de los Bosques del Sur de Chile y Argentina. WWF Valdivia, Chile. 96 p.

APÉNDICE N° 1 ENCUESTA RESUMIDA APLICADA A LOS PEQUEÑOS PROPIETARIOS

Fecha
Encuestador
Provincia, Comuna, Localidad/sector

Nombre del Propietario, RUT, Nombre de la Propiedad, Rol SII, Superficie, Teléfono
Principales Rubros en donde se desempeña

Ventas y consumo anual. Ganadería, Agricultura, Forestal

Relación con los PFMN: Recolecta, Cultiva, Vende, Compra, Acopia, Consume, Ningún ant.

Si Consumo: Productos recolectados, Los productos que consumo son, Los preparo como, Los consumo en un período de, Me gustan porque producen algunos beneficios como.

Si los comercializo: Categoría y Tipo de PFMN, cuanto se vende, cuanto se consume, precio venta, otros

Datos de colecta como duración, tiempo de traslado, tiempo de procesamiento, transporte, otros.

Grupo familiar: Sexo, edad, relación, ocupación, participación en colecta, ingresos, otros

Preguntas resumidas consultadas a los recolectores

- ¿Ha recibido algún tipo de capacitación?
- ¿Aprendió esta actividad de otra persona o Institución?
- ¿La colecta se repite en el mismo lugar año a año?
- ¿En su entorno existen personas de la localidad que han ingresado a esta actividad?
- ¿En su entorno existen personas que han abandonado este rubro?
- ¿Existen personas fuera de su localidad que extraen estos productos en su área de colecta?
- ¿Existe actualmente una mayor competencia por la colecta de los productos?
- ¿Actualmente se colecta una mayor cantidad del mismo producto que en años anteriores?
- ¿Tiene problemas en el traslado del producto?
- ¿Tiene problemas en la venta de sus productos?
- ¿Los compradores hacen distinción en la calidad del producto recolectado?
- ¿Existe una selección previa antes de cosechar el producto?
- ¿El precio es mayor que el año anterior? ¿A qué se debe?
- ¿Aplica alguna normativa sanitaria?
- ¿Ha disminuido la cosecha respecto a años anteriores en su localidad?
- ¿La recolección de PFMN mejora los ingresos del grupo familiar?
- ¿Es una importante fuente de trabajo?
- ¿Esto evita que las personas de su localidad abandonen el campo?
- ¿Ayuda a tener una fuente de abastecimiento de alimentos al grupo familiar?
- ¿Ayuda a una mejor calidad de vida?
- ¿Necesita capacitación en algunos temas?
- ¿Ud. realizó el contacto con el comprador?
- ¿Ud. fijó los precios?
- ¿Sabe Ud. donde vender?
- ¿Su relación con los compradores es buena?
- ¿Tiene algunos acuerdos preestablecidos?

APÉNDICE N° 2
PFNM CITADOS EN ENCUESTAS

Tipo	Nombre común	Nombre científico
Fruto	Copihue	<i>Lapageria rosea</i>
	Rosa Mosqueta	<i>Rosa rubiginosa, R. moschata</i>
	Murtilla	<i>Ugni molinae</i>
	Mora, Zarzamora	<i>Rubus fruticosus, R. ulmifolius</i>
	Maqui	<i>Aristotelia chilensis</i>
	Chupón	<i>Greigia sphacelata</i>
Semilla	Coile	<i>Lardizabala biternata</i>
	Piñon	<i>Araucaria araucana</i>
Tallos	Avellano	<i>Gevuina avellana</i>
Hongo	Nalca	<i>Gunnera tinctoria</i>
	Dihueñe	<i>Cyttaria sp</i>
	Callampa	<i>Agaricus sp.</i>
	Callampa del pino	<i>Suillus luteus</i>
	Loyo	<i>Boletus loyo</i>
	Changle	<i>Ramaria sp.</i>
	Legua de vaca	<i>Fistulina hepatica</i>
	Gargal	<i>Grifola gargal</i>
Plantas Tintóreas	Puna	<i>Cittaria sp.</i>
	Yiongo	<i>Armillaria sp.</i>
Uso Combustible	Maqui	<i>Aristotelia chilensis</i>
	Michay	<i>Berberis darwinii</i>
Hierbas y Partes de Plantas para Uso Medicinal	Conos de pino	<i>Pinus radiata</i>
	Menta	<i>Mentha spp.</i>
	Poleo	<i>Mentha pulegium</i>
	Ruda	<i>Ruta graveolens</i>
	Toronjil	<i>Melliza officinalis</i>
	Matico	<i>Buddleja globosa</i>
	Ajenjo	<i>Artemisia absinthium</i>
	Paico	<i>Chenopodium ambrosioides</i>
	Llantén	<i>Plantago lanceolata</i>
	Menta coca	<i>Tanacetum balsamita</i>
	Cedrón	<i>Aloysia triphalla</i>
	Orégano	<i>Origanum vulgare</i>
	Manzanilla	<i>Matricaria chamomilla</i>
	Borraja	<i>Borago officinalis</i>
	Sanguinaria	<i>Polygonum sanguinaria</i>
	Achicoria	<i>Cichorium intybus</i>
	Hierba de San Juan	<i>Hipericum perforatum</i>
	Quintral	<i>Tristerix sp.</i>
	Culén	<i>Otholobium glandulosum</i>
	Natre	<i>Solanum spp.</i>
	Hierba buena	<i>Mentha sativa</i>
	Boldo	<i>Cryptocarya alba</i>
	Tilo	<i>Tilia sp.</i>
	Eucalipto	<i>Eucalyptus spp.</i>
	Durazno	<i>Prunus persica</i>
	Palto	<i>Persea americana</i>
	Peumo	<i>Peumus boldus</i>
Flor del Pino	<i>Pinus radiata</i>	

RESUMEN

Chile dispone actualmente de 2,4 millones de hectáreas de plantaciones forestales y más de 13 millones de hectáreas de bosques nativos, sin embargo son las primeras las que sustentan la desarrollada y creciente industria forestal nacional, generando grandes volúmenes de productos de la transformación primaria de la madera, que son destinados principalmente a los mercados externos, con retornos de divisas por sobre los 5 mil millones de dólares por año. La especie mayoritariamente empleada en las plantaciones chilenas es pino radiata (*Pinus radiata*). A principios de los años 70 del siglo pasado existían en el país unas 450 mil hectáreas de plantaciones, el 90% de esta superficie correspondía a esta especie y el 10% restante estaba compuesto por otras, principalmente álamos (*Populus spp*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus ssp globulus*).

Pioneros en la introducción de nuevas especies forestales al país y en el establecimiento de plantaciones con especies de rápido crecimiento fueron los técnicos alemanes Federico Albert y Conrad Peters, quienes a fines del siglo XIX e inicios del siglo XX, contratados por el Gobierno y por la Industria Carbonífera de Lota, respectivamente, desarrollaron diversos trabajos de introducción y selección de especies, en dunas costeras de la Región del Maule, el primero, y en la zona costera de la Región del Bio Bio, el segundo. Ambos introdujeron y probaron numerosas especies, la introducción de pino radiata y eucalipto al país corresponde a estos trabajos y sería atribuible más probablemente a Albert, que habría iniciado sus investigaciones algunos años antes que Peters. Posteriormente, a mediados del siglo XX, son empresas como la Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones (CMPC), la Compañía Chilena de Fósforos y Forestal Colcura las que desarrollan programas de forestación con pino radiata en la Región del Bio Bio la primera, con álamos en la Región del Maule la segunda y con eucalipto en la Región del Bio Bio la tercera. Además del Estado, con pino radiata en la Región del Maule, en preparación de lo que sería posteriormente Celulosa Constitución.

A principios de los años 60 del siglo pasado, el Instituto Forestal (INFOR) da inicio a un programa de investigación sistemático de introducción y selección de especies, mediante el cual entre los años 1963 y 1974 fueron establecidas parcelas experimentales en 61 lugares, desde la Región de Coquimbo hasta la de Aysén, en los cuales unas 200 especies coníferas y latifoliadas fueron sometidas a ensayo. Entre las especies probadas se cuentan 45 especies del género *Eucalyptus*, número que se acerca a 100 si se consideran las diferentes procedencias de cada una de ellas y algunas variedades. Los resultados de estos ensayos y de investigaciones complementarias de INFOR sobre la silvicultura aplicable al establecimiento y manejo de plantaciones con las especies más destacadas, propiciaron el inicio de una diversificación de especies en las plantaciones, principalmente a partir de los años 80 del siglo pasado. Al año 2012 hay 2,41 millones de hectáreas de plantaciones en el país, de las cuales 1,47 millones de hectáreas corresponden a pino radiata, 0,77 millones a eucaliptos y 0,17 millones a otras especies, la participación de eucaliptos y otras especies ha subido así a casi 40%.

Este trabajo da una breve reseña histórica de la introducción de especies del género *Eucalyptus* al país, desde los trabajos de Albert y Peters a fines del siglo XIX e inicios del XX hasta las investigaciones de INFOR desarrolladas en los últimos 50 años, y de cómo estas investigaciones han aportado al desarrollo del sector forestal.

Palabras clave: Introducción de especie, Eucaliptos

SUMMARY

Planted forests in Chile cover 2.4 million hectares and native forests over than 13 million hectares, however planted forests are the basis of the well developed and increasing Chilean forest industry through the generation of important pulp and paper, sawn wood, boards and veneers and other products volumes, which are destined mainly to the foreign markets with export returns over than US\$ 5 thousand millions a year. Main species in Chilean planted forests is Radiata Pine (*Pinus radiata*). By the beginning of the 70' there were some 450 thousand hectares of planted forests, of which 90% were Radiata Pine and the rest other species, mainly Poplar (*Populus spp*) and Eucalypt (*Eucalyptus globulus ssp globulus*). Later planted forest area increases continuously and a gradual species diversification started.

Pioneer persons on species introduction to the country and on fast growing species plantation establishment were the German technicians Federico Albert and Conrad Peters, hired by the Government and the Industria Carbonifera de Lota (coal mining company), respectively, working by the end of the XIX and the early XX century at the coastal dunes of the Maule Region, the first, and the coastal zone of the Bio Bio Region, the second. Both technicians introduced and tested a number of species and the Radiata Pine and the Eucalypt (*E. globulus ssp globulus*) introduction to the country happened by this time. Since Albert started working few years prior to Peters, those introductions may be attributed to Albert.

Afterwards, by the middle of the XX century, are private companies like Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones (CMPC), paper and cardboard industry working with Radiata Pine mainly in the Bio Bio Region; Compañía Chilena de Fósforos, matches industry working with Poplars in the Maule Region; and Forestal Colcura, forest company working mainly with Eucalypts in the Bio Bio Region, who carried out afforestation programs. Other important afforestation program was developed by the Government in preparing the Celulosa Constitución project (pulp and paper) in the Maule Region.

By the beginning of the 60', the Chilean Forest Institute started a systematic species introduction program and from 1962 to 1974 experimental plots in 61 places between the Coquimbo and Aysén Regions were established. Some 200 conifer and broadleaf species were tested, within them some 45 Eucalypt species were included and considering seed provenances as well the number is close to 100.

Results from those trials and also from additional trials on main species silviculture and management carried out later by INFOR promoted the starting of a gradual planted forests species diversification, mainly since the 80'. In 2012 there are 2.41 million hectares of planted forests in the country, of which 1.47 million are Radiata Pine plantations, 0.77 million are Eucalypts plantations and 0.17 million are other species plantations. This way other species participation has increased up to almost 40%.

This paper gives a brief historic overview on the Eucalypts species introduction to the country, from the early works developed by Albert and Peters by the end of the XIX and the beginning of the XX century to the last 50 years INFOR's research programs, and how these research have contributed to the sectorial development.

Key words: Species introduction, Eucalypts

INTRODUCCIÓN

La cubierta forestal en Chile es al año 2012 de 15,6 millones de hectáreas, lo que representa el 21 % de la superficie territorial nacional. De esta superficie boscosa, 13,2 millones de hectáreas corresponden a bosques nativos y 2,4 millones de hectáreas a plantaciones forestales (INFOR, 2013).

Los bosques nativos, como su nombre lo indica, están compuestos por especies nativas del país, y las plantaciones forestales, en casi su totalidad, por especies exóticas o introducidas.

Respecto de los límites territoriales de un país, las especies exóticas o introducidas son aquellas cuyas áreas o regiones de ocurrencia o distribución natural se encuentran fuera de los límites de este territorio y, contrariamente, las especies nativas o autóctonas son aquellas cuya ocurrencia geográfica natural se ubica dentro estos. Las especies nativas o autóctonas son además endémicas si ocurren en forma natural exclusivamente dentro del territorio del país.

Frecuentemente se habla también de especies naturalizadas, aludiendo a especies que en algún momento fueron introducidas a una región o país y que posteriormente, con el paso del tiempo y encontrando condiciones ambientales favorables, se han propagado naturalmente llegando a confundirse en ocasiones con las especies nativas.

Desde la antigüedad el hombre ha difundido especies fuera de sus áreas de distribución geográfica natural, en forma casual o intencional, transportando semillas que le servían de alimento a él o a su ganado o introduciendo cultivos en nuevas regiones para producir alimentos, leña, madera u otros productos, o para ser utilizadas como especies ornamentales.

Desde la llegada de los españoles (siglo XVI) los bosques nativos han sido fuertemente alterados como producto de la habilitación de suelos para uso agrícola y ganadero, práctica que se hace más intensa durante la época de la Colonia (siglos XVII y XVIII) y de la Independencia (inicios del siglo XIX en adelante) con el creciente poblamiento del territorio. Hasta mediados del siglo XX los bosques aún eran objeto de grandes incendios para despejar terrenos para la actividad agrícola y ganadera, o explotados mediante cortas selectivas que buscaban los mejores ejemplares de las especies más valiosas (floreo).

Escasas y aisladas iniciativas se registran para revertir esta situación de destrucción y degradación de los bosques nativos, hasta que a principios del siglo XX (DL. 656 de 1925, DFL 265 de 1931 y DS 4363 de 1931) se publican las primeras normativas con este fin, aunque de escaso efecto, dado que su componente de fomento es mínima y el control es nulo.

Posteriormente, en 1974 se promulga un cuerpo legal de Fomento Forestal (DL 701 de 1974) que, aunque orientado principalmente a incentivar las plantaciones forestales, regula la utilización de todo tipo de bosques.

Esta última normativa tiene un decisivo efecto sobre el incremento de la superficie de plantaciones en el país y en el consecuente desarrollo de una fuerte industria forestal derivada de ellas. Sin embargo, no hay un efecto semejante en materia de bosques nativos al no contemplarse en la ley el fomento al manejo de estos.

Solo recientemente (Ley 20.283 de 2008), se promulga un cuerpo legal expresamente enfocado al fomento al manejo y recuperación de los bosques nativos, el cual está en sus primeros años de aplicación.

Como resultado, hoy los bosques nativos distan mucho de aquellos que encontraron los españoles hace cinco siglos, su superficie se ha reducido, prácticamente no participan en la producción forestal y se encuentran fraccionados, mayoritariamente degradados y empobrecidos

en su composición de especies.

Las plantaciones forestales en tanto, han experimentado desde mediados del siglo pasado, y en especial desde los años 70 de aquél, un explosivo desarrollo acompañado de un equivalente desarrollo industrial basado en ellas.

No obstante, las especies nativas prácticamente no participan en las plantaciones, dado que estas tendrían períodos de rotación que duplican, triplican o más aquél de las especies exóticas de rápido crecimiento mayoritariamente empleadas, como pinos y eucaliptos.

Hasta los años 60 del siglo pasado los bosques nativos aún eran la base de la actividad forestal en el país y el principal producto era la madera aserrada, con una producción cercana a los 500 mil metros cúbicos anuales.

En el año 1966 la producción de madera aserrada procedente de las plantaciones de pino radiata (*Pinus radiata*) iguala a aquella proveniente de los bosques nativos y en adelante sigue un crecimiento sostenido. Hoy se producen más de 6 millones de metros cúbicos de madera aserrada de pino radiata, en tanto que la generada desde los bosques nativos no llega a 150 mil metros cúbicos.

Actualmente, la corta total anual de madera en trozas de los bosques para fines industriales (pulpa y papel, madera aserrada, tableros y chapas y otros productos) es de 39 millones de metros cúbicos y de los bosques nativos provienen solo 334 mil metros cúbicos, lo que representa el 0,86%. No obstante, se cortan anualmente unos 16 millones de metros cúbicos para leña, de los cuales unos 8 millones de metros cúbicos se generan en los bosques nativos (INFOR, 2013).

En la zona central y sur del país existen importantes superficies de suelos desarbolados y erosionados, susceptibles de ser plantados, cuya superficie se estima en varios millones de hectáreas, muy especialmente en las regiones australes, en donde grandes incendios forestales ocurridos durante procesos de colonización hasta la primera mitad del siglo pasado eliminaron los bosques en extensas superficies, los cuales no se recuperaron debido a la pérdida de suelos por erosión, a las rigurosas condiciones climáticas dominantes y a las cargas ganaderas a que se sometió a los terrenos.

Respecto de los más de 13 millones de hectáreas de bosques nativos, 4 millones de hectáreas se encuentran bajo régimen de conservación dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), en Parques Nacionales y Reservas Forestales; unos 3 millones de hectáreas corresponden a bosques de protección en pendientes fuertes y en laderas de cursos de agua o están compuestos por especies amenazadas o son el hábitat de especies amenazadas de fauna; y los más de 6 millones de hectáreas restantes son bosque considerados comerciales.

En consecuencia, importantes desafíos actuales para el sector forestal chileno son el incremento de las plantaciones, cuya superficie se estima podría duplicarse o más, y la recuperación, manejo e incorporación a la producción de 6 millones de hectáreas de bosques naturales actual o potencialmente comerciales, con todos los beneficios económicos, sociales y ambientales que estos desarrollos involucrarían.

En cuanto a la tenencia de los recursos forestales, en Chile los bosques son fundamentalmente privados, el Estado es dueño de unos 4 millones de hectáreas de bosques nativos que están dentro del SNASPE, alrededor de 1 millón de hectáreas más fuera de este, principalmente en zonas alejadas o insulares de limitada accesibilidad en la zona sur, y de una muy reducida superficie de plantaciones existentes en reservas forestales en distintas zonas del país.

En consecuencia, hay más de 8 millones de hectáreas de bosques nativos en manos privadas, mayoritariamente pequeños y medianos propietarios, y la casi totalidad de las plantaciones. De estas últimas, unas 800 mil hectáreas son de pequeños y medianos propietarios y 1,6 millones de hectáreas son parte del patrimonio de las grandes empresas forestales del país.

LAS ESPECIES EXÓTICAS O INTRODUCIDAS EN CHILE

En Chile existe una gran cantidad de especies arbóreas exóticas que han sido introducidas al país desde la llegada de Diego de Almagro en 1536 hasta la actualidad.

Numerosas especies latifoliadas y coníferas, ornamentales o productoras de madera o frutos, son parte del paisaje chileno en el campo y las ciudades desde hace siglos. Varias de ellas son percibidas por la sociedad como especies chilenas, ejemplo de esto son álamo ("álamo guacho"), sauce ("saucel lorón"), aramo, nogal, castaño y otras, componentes del entorno rural y urbano del país, pero fueron tempranamente introducidas a Chile desde diferentes regiones del mundo, como Europa, Norteamérica, Asia, Australia y otras.

Los Inicios

Hacia fines del siglo XIX se podría ubicar el nacimiento de la silvicultura con especies forestales introducidas en Chile, cuando ya se empieza a prestar atención a especies que pudieran permitir el establecimiento de plantaciones forestales con fines comerciales, dentro de la gran variedad de condiciones climáticas y ecológicas que caracterizan al país y en las importantes superficies desarboladas que era necesario repoblar.

Pioneros en esto son dos técnicos alemanes; Federico Albert y Conrad Peters, que desarrollaron sus trabajos principalmente en Chanco y Lota, zonas costeras de las hoy Regiones de Maule y Bio Bio, respectivamente, a fines del siglo XIX e inicios del siglo XX.

En 1889 el Gobierno de Chile contrata al naturalista alemán Federico Albert para trabajar en el Museo Nacional de Historia Natural de Santiago, quien fue el primer visionario que impulsó el desarrollo forestal en Chile considerando que "*la riqueza en bosques es el bienestar de la nación*". Sus ideas centrales fueron la recuperación de los terrenos degradados y de los cultivos marinos, el impulso las plantaciones forestales con fines comerciales y la creación de áreas silvestres protegidas.

Su obra fue fructífera y en 1910, como parte de los actos conmemorativos del centenario de la Independencia Nacional, el Gobierno reconoce su labor entregándole la nacionalidad chilena. Es el Jefe de la Sección de Aguas y Bosques del Ministerio de Industria y continúa su servicio público hasta 1915 cuando se retira a la actividad privada.

Albert desarrolló gran parte de sus trabajos en las dunas de Chanco, en la Región del Maule, motivado por el extenso campo de dunas costeras ahí existente que amenazaba cubrir el pueblo del mismo nombre, además de importantes áreas de cultivo. Realizó trabajos de contención y forestación de dunas que fueron pioneros y salvaron a este pueblo de ser cubierto por el incesante avance de las dunas.

Albert (1909) publica Los 7 Árboles Forestales más Recomendables para el País, donde señala que:

Actualmente se cultivan en el país más de 2000 variedades de árboles pertenecientes a más de 500 especies. Todas estas son de utilidad relativa i crecen en las más diversas condiciones de clima i suelo.

Habiendo cultivado en la sección de Aguas i Bosques, con el objeto de ensayar, un gran número de especies forestales, hemos creído llegado el momento de establecer el verdadero valor que cada una de ellas tiene a fin de hacer extensivo i recomendable el cultivo de todos aquellos árboles cuyos productos i condiciones de desarrollo son convenientes i, por el contrario, limitar la multiplicación de los que por las condiciones climáticas de nuestro territorio tienen un crecimiento raquíutico i tardío.

La finiquitada Sección de Ensayos Zoológicos i Botánicos ya redujo el número de especies útiles a 168 i la Cartilla Forestal de la Sección de Aguas i Bosques las limitó a 36 recomendables i unas 20 por ensayar. Hoy día estamos en condiciones de llenar las necesidades del país con sólo 7 especies en cada una de las grandes divisiones climáticas i culturales. Es eso un gran paso dado adelante en la silvicultura del país, del cual debemos esperar los resultados más benéficos en el futuro. Podemos recomendar los 7 árboles principales en jeneral.

Las especies destacadas por Albert son todas exóticas, con la excepción de pimienta (*Schinus molle*), y todas ellas son especies conocidas actualmente, presentes en los campos en pequeños bosquetes o en alamedas y en plazas y parques como ornamentales. Albert señala 7 especies principales para terrenos de secano y una serie de otras adicionales para zonas al norte o al sur de la que fue su zona de estudio, y distinguiendo también para terrenos regados.

Hacia el N		Hacia el S
Secano		
<i>Cupressus sempervirens</i> <i>Pinus pinea</i> <i>Schinus molle</i>	<i>Eucalyptus resinifera</i> <i>Cupressus torulosa</i> <i>Pinus canariensis</i> <i>Pinus insignis</i> <i>Pinus maritima</i> <i>Acacia melanoxylon</i> <i>Robinia pseudoacia</i>	<i>Picea excelsa</i> <i>Thuja plicata</i> <i>Pseudotsuga taxifolia</i> <i>Pinus excelsa</i> <i>Pinus sylvestris</i> <i>Fraxinus excelsior</i> <i>Abies pectinata</i>
Riego		
	<i>Eucalyptus diversicolor</i> <i>Eucalyptus globulus</i> <i>Cupressus macrocarpa</i> <i>Pinus canariensis</i> <i>Acacia melanoxylon</i> <i>Sequoia sempervirens</i> <i>Quercus pedunculata</i>	<i>Eucalyptus resinifera</i> <i>Eucalyptus viminalis</i>

(Albert, 1909)

Varias de estas especies han sido posteriormente redescritas por los botánicos y se les ha cambiado sus nombres científicos, así *Pinus insignis* es hoy pino radiata (*Pinus radiata*), *Pseudotsuga taxifolia* es conocido ahora como pino Oregón o Douglas Fir (*Pseudotsuga menziesii*), *Quercus pedunculata* es hoy roble común en Europa (*Quercus robur*), *Pinus maritima* es hoy pino marítimo (*Pinus pinaster*) y *Pinus excelsa* es ahora pino del Himalaya o pino llorón (*Pinus wallichiana*).

De las especies seleccionadas por Albert hace más de 100 años, solo una pocas tienen hoy importancia forestal, pero entre ellas están *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, especies que son la base de las plantaciones forestales actuales de la zona centro-sur del país, se suman pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*), especie importante en las plantaciones de la zona sur y austral, y pino piñonero (*Pinus pinea*), aramo australiano (*Acacia melanoxylon*), acacia falsa (*Robinia pseudoacacia*), pino silvestre (*Pinus sylvestris*), especies con una incipiente participación actual en plantaciones en diferentes regiones del país.

La información disponible indica que Albert probó unas 165 especies y entre estas 28 especies del género *Eucalyptus*. Sin embargo, de estas últimas seleccionó solo *Eucalyptus resinifera* y, secundariamente, *Eucalyptus diversicolor*, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus viminalis*.

<i>Eucalyptus amygdalina</i>	<i>Eucalyptus marginata</i>
<i>Eucalyptus anderwsi</i>	<i>Eucalyptus microcorys</i>
<i>Eucalyptus coriacea</i>	<i>Eucalyptus muelleri</i>
<i>Eucalyptus corynocalyx</i>	<i>Eucalyptus obliqua</i>
<i>Eucalyptus diversicolor</i>	<i>Eucalyptus paniculata</i>
<i>Eucalyptus erythronema</i>	<i>Eucalyptus polianthema</i>
<i>Eucalyptus eugenoides</i>	<i>Eucalyptus populifolia</i>
<i>Eucalyptus ficifolia</i>	<i>Eucalyptus resinifera</i>
<i>Eucalyptus feocunda</i>	<i>Eucalyptus robusta</i>
<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Eucalyptus rostrata</i>
<i>Eucalyptus gomphocephala</i>	<i>Eucalyptus salmonophloia</i>
<i>Eucalyptus gunnii</i>	<i>Eucalyptus siderophloia</i>
<i>Eucalyptus longifolia</i>	<i>Eucalyptus tereticornis</i>
<i>Eucalyptus maculata</i>	<i>Eucalyptus viminalis</i>

(Albert, 1908)

Una Misión Forestal de FAO visitó los campos de dunas de Chanco a mitad del siglo pasado (Pilla, 1952) y en su informe destacó:

Hay arbóreas exóticas ensayadas en gran escala con resultados positivos como:	
<i>Pinus insignis</i>	<i>Pinus pinea</i>
<i>Eucalyptus sp.</i>	<i>Myoporus sp.</i>
<i>Cupressus macrocarpa</i>	<i>Acacia melanoxylon</i>
<i>Cupressus torulosa</i>	<i>Acacia dealbata.</i>
<i>Pinus marítima</i>	
Hay un gran efecto colonizador de algunas leguminosas introducidas, como:	
<i>Genista hispanica</i>	
<i>Cytisus sp.</i>	
<i>Acacia armata</i>	
Han sido reforestadas cerca de 500 ha de las dunas fiscales, trabajos que fueron iniciados hace unos 50 años por Federico Albert, entonces Jefe del Servicio Forestal de Chile.	

(Pilla, 1952)

Por su parte, desde mediados del siglo XVIII, los fundadores de la Industria Carbonífera de Lota, la familia Cousiño, compraron importantes extensiones de terrenos en la zona costera de Arauco, con el objeto de obtener la madera necesaria para revestir las galerías subterráneas de las minas que se extendían hasta bajo el mar.

A medida que avanzaban las minas por debajo del mar, el consumo de madera hacía que los bosques explotables fueran cada día más lejanos. No existía en la época mayor cuidado por la renovación de los bosques naturales explotados y esta frecuentemente se perdía en grandes incendios. Esta situación estaba comprometiendo seriamente los niveles de producción de la industria. La situación descrita condujo a que se contratara a un técnico europeo que pudiera cuidar y hacer crecer los bosques. Este técnico resultó ser el alemán Konrad Peters.

Bay-Schmith (1965) hace algunas observaciones sobre ensayos de especies forestales en la Provincia de Arauco e indica que:

La obra de Peters en el campo de los ensayos forestales es muy importante, aunque poco conocida debido a su carácter sencillo y a la política tradicional de secreto de los grandes empresarios en aquellos tiempos. Su trabajo fue extremadamente difícil por la escasa información sobre especies y las grandes dificultades para obtener semillas conocidas y en buen estado. En 1900 tampoco era tarea fácil formar viveros y establecer plantaciones.

Su objetivo era producir resultados rápidos sin importar los costos, por lo que con las semillas que obtenía establecía parcelas grandes de 10 a 300 ha por especie con la idea que el éxito de un ensayo significara un extenso bosque productivo y no unos pocos árboles.

*Después de unos cuantos fracasos obtuvo éxito con *Eucalyptus globulus*, que desde ese momento fue la especie más ampliamente plantada en la zona y resolvió la crisis de abastecimiento de madera de la industria del carbón. Después del éxito con *Eucalyptus globulus*, Konrad Peters continuó ensayando nuevas especies, hasta su retiro a avanzada edad.*

*Entre los años 1902 y 1920 hizo plantar unas 800 ha de *Pinus insignis*, pensando que su madera serviría para las minas igual que el eucalipto, sin embargo, cuando las primeras plantaciones empezaron a producir madera, se apreció que esta no tenía suficiente resistencia para ser empleada en las minas y además no "avisaba"¹⁰.*

Esto fue considerado como un fracaso y durante los siguientes 15 años no se plantó pino. Recién en 1935 se pensó que la madera de pino podría servir para la construcción, fueron reanudadas las plantaciones e iniciados algunos ensayos de silvicultura.

Posteriormente, el vacío producido en el ritmo de las plantaciones de pino produjo problemas por años para una cosecha continua de árboles maduros.

(Bay-Schmith; 1965)

¹⁰ Las maderas duras como algunas nativas y eucalipto crujen antes de colapsar, lo que permitía a los mineros escapar de las galerías oportunamente antes de derrumbaran.

No existe así una absoluta claridad sobre cuándo fueron introducidas al país las especies *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* y sobre quién las introdujo.

Se trata de especies de reducidas áreas de distribución natural y de limitada importancia en sus lugares de origen, por lo que es probable que su introducción haya sido más bien accidental, pero que ahora en diferentes zonas de Chile se desarrollan mejor que en sus áreas de ocurrencia natural en sus regiones de origen (Norteamérica y Australia, respectivamente).

Sin embargo, todo indica que esta afortunada y temprana introducción sería atribuible a Federico Albert, a Konrad Peters o a ambos alemanes de destacada participación en la historia del sector forestal chileno, y que se habría producido a fines del siglo XIX. Las primeras introducciones corresponderían más probablemente a Albert, que habría iniciado sus trabajos algo antes que Peters.

Bay-Schmith (1965) señala que a partir de 1950, ya extendidas las plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* y cubierta la ya decreciente demanda de madera de la minería del carbón, es la Compañía Agrícola y Forestal Colcura la que continúa evaluando ensayos anteriores de especies y probando con nuevas especies en la zona costera de Arauco.

Las prioridades cambian hacia la búsqueda de especies que permitieran ir formando gradualmente bosques diversificados, menos vulnerables a eventuales plagas y enfermedades.

La evaluación de diferentes ensayos establecidos en la primera mitad del siglo XX, señala un listado de especies prácticamente descartadas por variadas razones, como baja resistencia a plagas o a frío, mala forma, madera poco resistente y otras, pero la principal es que crecen menos o mucho menos que *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*.

<i>Eucalyptus resinifera</i>	<i>Cupressus macrocarpa</i>	<i>Pinus palustre</i>
<i>Eucalyptus diversicolor</i>	<i>Cupressus torulosa</i>	<i>Pinus montezuma</i>
<i>Eucalyptus robusta</i>	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	<i>Pinus contorta</i>
<i>Eucalyptus amygdalina</i>	<i>Pinus patula</i>	<i>Pinus longifolia</i>
<i>Eucalyptus saligna</i>	<i>Pinus caribea</i>	<i>Pinus tuberculata</i>
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	<i>Pinus pinaster</i>	<i>Pinus coulteri</i>
<i>Eucalyptus occidentalis</i>	<i>Pinus canariensis</i>	<i>Pinus banksiana</i>
<i>Eucalyptus rudis</i>	<i>Pinus taeda</i>	<i>Pinus montana</i>
<i>Eucalyptus marginata</i>	<i>Pinus attenuata</i>	<i>Pinus monticola</i>
<i>Eucalyptus gigantea</i>	<i>Pinus attenuadiata</i>	<i>Pinus rigida</i>
<i>Eucalyptus viminalis</i>	<i>Pinus murrayana</i>	<i>Pinus densiflora</i>
<i>Eucalyptus gunnii</i>	<i>Pinus corsicana</i>	<i>Pinus thumbergii</i>
<i>Eucalyptus punctata</i>	<i>Pinus strobus</i>	<i>Pinus pinea</i>
<i>Eucalyptus rostrata</i>	<i>Pinus ponderosa</i>	<i>Pinus sylvestris</i>
<i>Eucalyptus melliodora</i>	<i>Pinus echinata</i>	

(Bay-Schmith, 1965)

Albert y Peters fueron indudablemente los precursores de las plantaciones forestales en el país y desarrollaron grandes trabajos de investigación, dentro de las comparativamente muy limitadas posibilidades de información y comunicaciones de hace más de 100 años. Acumularon una gran cantidad de información sobre el desarrollo de numerosas especies en Chile y tuvieron el acierto o la fortuna de trabajar tempranamente con *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, especies de gran adaptación a amplias regiones del país.

Ambos cometieron en alguna medida el error de comparar el crecimiento de todas las especies con *Eucalyptus globulus* y *Pinus radiata*, sin pensar en otros sitios, otros usos y otras rotaciones, sin embargo eran las necesidades de la época. Esto ocurrió principalmente con Peters, ya que su objetivo central era la madera para la minería del carbón, Albert en tanto, dio más amplitud a su búsqueda. Agrícola y Forestal Colcura, posteriormente, amplía más el espectro, contemplando riesgos fitosanitarios, variedad de productos y nuevos sitios.

El Programa de Introducción de Especies del Instituto Forestal

En 1962, con la creación del Instituto Forestal, se da inicio a un programa sistemático de introducción de especies forestales al país. Se efectúa una zonificación geográfica general sobre la base de grandes grupos de suelos y, entre los años 1962 y 1975, se cubre el país con más de 60 ensayos, entre las Regiones de Coquimbo y Aysén, en los cuales se prueba unas 200 especies, tanto coníferas como latifoliadas.

En más de 8 mil parcelas pequeñas, de 49 plantas en los ensayos de la parte norte (hasta la Región de Valparaíso) y 100 plantas en aquellos de la parte sur, en un diseño de parcelas al azar con 3 repeticiones, se evalúa la adaptabilidad y desarrollo de una gran cantidad de especies durante más de 20 años.

Entre las especies incluidas en el programa de INFOR se encuentran 45 del género *Eucalyptus*. Las provisiones de semillas eran obtenidas principalmente del Centro de Semillas de CSIRO¹¹ Australia, solicitando semillas adecuadas en cada caso de acuerdo principalmente a comparación climática origen-destino. Las semillas llegaban debidamente identificadas con su código de procedencia y, dadas las disponibilidades del Centro de CSIRO, en la medida que el programa se ampliaba en materia de especies y lugares de ensayo, el Centro no siempre podía proporcionar las mismas procedencias, de este modo después de unos pocos años se contó con varias procedencias para muchas de las especies y estas eran tratadas en el diseño experimental como especies distintas, subiendo el número original de 45 a cerca de 100.

Los primeros ensayos del programa fueron establecidos el año 1962 en 5 lugares entre las Regiones del Bio Bio y Aysén, pero en estos se incluyó solo coníferas. En 1963 se instala 4 ensayos más en los que se empieza a incluir eucaliptos y ya a partir de 1964 se amplía el programa en materia de especies y ensayos.

La mayor parte de los ensayos es establecida entre los años 1964 y 1969. El programa contempla un seguimiento de estos, con una medición de supervivencia (%) y altura (m) un mes después de la plantación y después mediciones sucesivas a las edades de 1, 3 y 5 años para continuar posteriormente cada 5 años. El DAP (diámetro a la altura del pecho) se empieza a medir en todo ejemplar cuando alcanza un mínimo de 5 cm para esta variable.

En el Cuadro N° 1 se indica para cada especie de eucalipto el año en que es por primera vez incluida en parcelas experimentales del programa en algún ensayo en cada región del país. Este año sería el año de la introducción de la especie en cada región y el más temprano de ellos correspondería a la introducción de la especie al país (coloreado verde).

Hay varios casos en los que existe información respecto de que la especie habría sido probada originalmente por Albert (coloreado amarillo), no obstante, con la sola excepción de *Eucalyptus globulus* ssp *globulus*, la introducción de las especies al país corresponde al programa de INFOR, dado que de las restantes no se volvió a tener información y su uso no se extendió.

¹¹ Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Australia

Cuadro N° 1
 ESPECIES DEL GÉNERO *Eucalyptus* INCLUIDAS EN EL PROGRAMA DE INFOR
 Y AÑO DE LA INTRODUCCIÓN DE CADA UNA AL
 PAÍS

ESPECIES	REGIÓN								
	Coquimbo	Valparaíso	Metropol.	O'Higgins	Maule	Bío Bío	Araucanía	Los Ríos	Los Lagos
	Año Primera Plantación								
<i>Eucalyptus astringens</i>	66	64	64						
<i>Eucalyptus behriana</i>	67	64	67						
<i>Eucalyptus bicostata</i>		68		65	65	64	65		
<i>Eucalyptus botryooides</i>							70	70	
<i>Eucalyptus bosistoana</i>						65			
<i>Eucalyptus brockwayi</i>	65	64	66	66					
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	66	66	66	66					
<i>Eucalyptus citriodora</i>	67	67	67						
<i>Eucalyptus cinerea</i>	68	68							
<i>Eucalyptus cladocalyx</i>	65	64	66	66					
<i>Eucalyptus cornuta</i>					64	64		64	
<i>Eucalyptus dalrympleana</i>				72		64	71	63	
<i>Eucalyptus delegatensis</i>				66	67	64	63	67	67
<i>Eucalyptus diversicolor</i>	67	67	67	67					
<i>Eucalyptus fastigata</i>				68	67	67			
<i>Eucalyptus flocktoniae</i>	66	64							
<i>Eucalyptus fruticetorum</i>	65	64	66	66					
<i>Eucalyptus globulus</i>	65	65	66	65	65	65	65	67	67
<i>Eucalyptus gomphocephala</i>	69	68	69	65		64			
<i>Eucalyptus grandis</i>				68	67	64			
<i>Eucalyptus gunnii</i>				70	68	67	65	64	68
<i>Eucalyptus maidenii</i>				70	65	64			
<i>Eucalyptus marginata</i>					65	65			
<i>Eucalyptus melliodora</i>		64		69	69				
<i>Eucalyptus microtheca</i>	66	66	66						
<i>Eucalyptus muelleriana</i>							70		
<i>Eucalyptus niphophila</i>								65	64
<i>Eucalyptus nitens</i>				67	68	68			
<i>Eucalyptus obliqua</i>				65	65	64	65	70	
<i>Eucalyptus occidentalis</i>			67						
<i>Eucalyptus oleosa var glauca</i>	65								
<i>Eucalyptus pauciflora</i>								64	
<i>Eucalyptus pilularis</i>						64			
<i>Eucalyptus punctata</i>						64			
<i>Eucalyptus quadrangulata</i>							71		
<i>Eucalyptus regnans</i>		71		65	67	65	67	65	69
<i>Eucalyptus resinifera</i>	69	68	69	68	69				
<i>Eucalyptus saligna</i>				67	67	64			
<i>Eucalyptus salmonophloia</i>	66	64	66	66					
<i>Eucalyptus sideroxylon</i>	70	64							
<i>Eucalyptus striaticalyx</i>		67							
<i>Eucalyptus tereticornis</i>						64			
<i>Eucalyptus torquata</i>	66	66							
<i>Eucalyptus viminalis</i>					69	69	69	69	

(Fuente: Barros et al., 1979)

Introducción INFOR 1963 a 1971

Probadas inicialmente por Albert

Las sucesivas evaluaciones de los diferentes ensayos entregaron progresivamente información sobre la respuesta de las especies en los distintos sitios y tempranamente empezaron a destacar varias especies de eucaliptos por su rápido y vigoroso crecimiento, sobrepasando notablemente en muchos casos los alcanzados por pino radiata y *Eucalyptus globulus ssp globulus*.

Barros *et al.* (1979 y 1979a) hacen una evaluación completa de estas experiencias, destacan los resultados a lo largo del país, hacen una nueva zonificación del país, determinan la cobertura geográfica de los ensayos existentes y definen las necesidades de ensayos complementarios para completar la cobertura.

Prado *et al.* (1986) hacen una evaluación de este programa de investigación y entregan información detallada sobre el desarrollo de una cantidad de especies a través del país y de acuerdo a la zonificación geográfica mencionada, basada en condiciones de clima y suelos, más detallada que la inicialmente utilizada en el programa original.

Tres años después, Prado y Barros (1989) entregan información adicional sobre resultados del programa, esta vez referida a eucaliptos e incorporando también resultados de investigaciones sobre técnicas de establecimiento de plantaciones, selección de procedencias de semillas y otros aspectos.

En términos generales, la información entregada por Prado y Barros (1989) se refiere a la zona semiárida, a la zona central y a la zona sur del país. No se incluye la zona norte (La Serena al norte), donde las posibilidades de forestación se limitan solo a los valles y otros sectores con disponibilidad de agua o a un reducido número de especies especialmente resistentes a la restricción hídrica, tampoco se incluye la zona austral (Regiones de Aysén y Magallanes), por no estar cubiertas por el conjunto de ensayos del programa de introducción de especies.

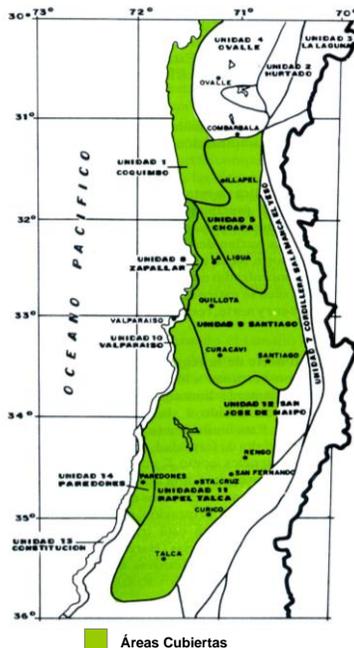
Barros *et al.* (1979a) habían desarrollado una zonificación del país para los efectos del programa, basada en una combinación cartográfica de información de suelo y clima, subdividiendo el país desde Coquimbo a los Lagos en tres grandes regiones; de norte a sur Mediterránea Semiárida, Mediterránea Central y Oceánica de Los Lagos y cada una de estas subdividida a su vez en las que fueron denominadas Unidades Edafoclimáticas, dentro de cada una de las cuales se asume una cierta uniformidad de condiciones generales de suelo y clima. De estas unidades, aquellas que tenían al menos un ensayo representativo dentro de sus límites fueron consideradas unidades cubiertas por el programa.

Las evaluaciones y resultados entregados por Prado *et al.* (1986) sobre el programa y por Prado y Barros (1989) sobre eucaliptos en particular están basadas en la zonificación de Barros *et al.* (1979a). Respecto de la segunda, en las Figuras N° 1, N° 2 y N° 3 se señala las especies de eucaliptos más destacadas en los ensayos en cada una de las grandes regiones antes indicadas.

REGIÓN MEDITERRÁNEA SEMIÁRIDA

T media anual: 14 - 15 °C
pp media anual: 100 - 700 mm

Eucalyptus astringens
Eucalyptus brockwayi
Eucalyptus camaldulensis
Eucalyptus citriodora
Eucalyptus cladocalyx
Eucalyptus diversicolor
Eucalyptus fastigata
Eucalyptus gomphocephala
Eucalyptus globulus ssp globulus
Eucalyptus globulus ssp bicostata
Eucalyptus nitens
Eucalyptus polybractea
Eucalyptus sideroxyylon
Eucalyptus regnans
Eucalyptus resinifera



(Fuente: Prado y Barros, 1989)

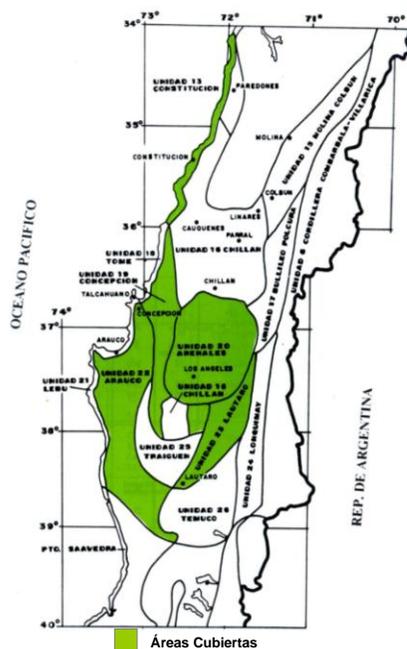
Figura N° 1
ESPECIES DESTACADAS REGIÓN MEDITERRÁNEA SEMIÁRIDA

Dada la extensión latitudinal de esta región destacan una cierta cantidad de especies, desde la parte norte con precipitaciones de 200 a 300 mm, donde existen posibilidades de uso principalmente para *Eucalyptus camaldulensis*, *E. cladocalyx* y *E. sideroxyylon*, hasta la parte sur, especialmente por la costa y con precipitaciones en torno a 600 mm y más, donde algunas especies de zonas más húmedas, como *Eucalyptus nitens* y *E. regnans* ya muestran buenos resultados.

REGIÓN MEDITERRÁNEA CENTRAL

T media anual: 12 - 14 °C
pp media anual: 700 - 1800 mm

Eucalyptus fastigata
Eucalyptus delegatensis
Eucalyptus globulus ssp globulus
Eucalyptus nitens
Eucalyptus obliqua
Eucalyptus regnans



(Fuente: Prado y Barros, 1989)

Figura N° 2
ESPECIES DESTACADAS REGIÓN MEDITERRÁNEA CENTRAL

En la Región Mediterránea Central, con mayores precipitaciones medias y en especial en las zonas costeras, se encuentran sitios de muy buena calidad para el desarrollo de plantaciones de eucaliptos y aquí destacan claramente los resultados de crecimiento obtenidos principalmente con *Eucalyptus delegatensis*, *E. globulus ssp globulus*, *E. nitens* y *E. regnans*.

En el Cuadro N° 2 se muestra algunos resultados de crecimiento para las principales especies en el cual se puede apreciar que *Eucalyptus nitens*, *E. regnans*, y *E delegatensis*, con tasas de incremento volumétrico por sobre los 50 m³/ha/año, superan claramente el desarrollo de *Eucalyptus globulus ssp globulus* y pino radiata, y *E. fastigata* iguala al primero y supera claramente también a pino radiata. Esto pese a que, tratándose de un sitio de muy buena calidad, estas especies tradicionales de la forestación en el país muestran un muy buen desarrollo.

Resultados como los obtenidos en este ensayo en la zona costera de la Región del Bio Bio, fueron registrados en diferentes otros ensayos hacia el norte, hacia el sur y hacia zonas interiores, con variados niveles en materia de rendimientos, pero con similar tendencia general en la respuesta relativa de las especies.

Cuadro N° 2
DESARROLLO DE ESPECIES DEL GÉNERO *Eucalyptus* ENSAYO ANTIQUINA REGIÓN DEL BIO BIO

Especies	DAP (cm)	H (m)	S (%)	V (m ³ /ha)	CAM (m ³ /ha/año)
<i>Eucalyptus nitens</i>	23,7	22,9	86,6	1152	77
<i>Eucalyptus regnans</i>	22,3	23,3	88,0	940	63
<i>Eucalyptus delegatensis</i>	20,6	21,0	78,0	749	50
<i>Eucalyptus globulus</i>	20,5	21,3	80,0	664	44
<i>Eucalyptus fastigata</i>	19,3	21,7	82,7	664	44
<i>Pinus radiata</i>	23,4	23,2	60,0	550	34

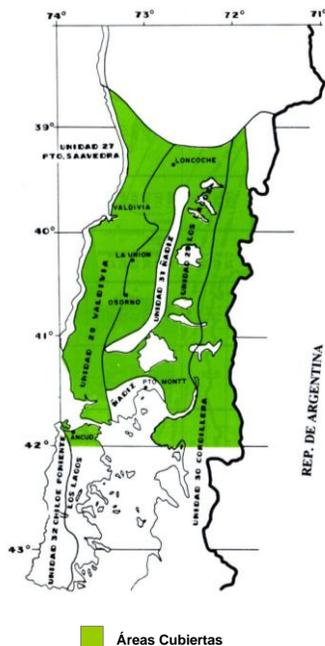
(Fuente: Prado et al., 1986)

Edad: 15 años CAM: Crecimiento Anual Medio S: Supervivencia sobre 2.500 arb/ha iniciales.

REGIÓN OCEÁNICA DE LOS LAGOS

T media anual: 11 - 12 °C
pp media anual: 1200 - 2350 mm

Eucalyptus dalrympleana
Eucalyptus delegatensis
Eucalyptus globulus ssp globulus
Eucalyptus gunnii
Eucalyptus nitens
Eucalyptus obliqua
Eucalyptus regnans
Eucalyptus viminalis



(Fuente: Prado y Barros, 1989)

Figura N° 3
ESPECIES DESTACADAS REGIÓN OCEÁNICA DE LOS LAGOS

En esta región, con precipitaciones medias anuales ya por sobre los 1.000 mm, las principales limitantes están dadas por las temperaturas mínimas extremas, principalmente en sectores interiores y de precordillera andina, con intensas heladas y en algunos casos eventuales

nieves. Esto hace a *Eucalyptus nitens*, *E. delegatensis* y *E. regnans*, y en especial a *E. viminalis* y *E. gunnii*, especies considerablemente más seguras que *E. globulus ssp globulus* para las plantaciones.

Los resultados obtenidos en las diferentes regiones impulsaron a INFOR a iniciar diferentes investigaciones en torno a la silvicultura de las especies más destacadas. Así fueron desarrolladas técnicas de viverización de plantas, introduciéndose el uso de los contenedores, de fertilización combinada con el riego (fertiriego) y de los tratamientos de endurecimiento de plantas, y también las técnicas intensivas de establecimiento de plantaciones, incluyendo una intensa preparación de suelos con subsolado en el caso de suelos más compactados, control de competencia y adiciones iniciales de fertilizantes. Todas estas, técnicas de amplia utilización actualmente.

Igualmente INFOR inició ensayos incorporando la variable procedencia de semillas, antes no considerada, dada la limitada cantidad de procedencias con que se trabajaba en los inicios del programa. Fueron establecidos ensayos con varias procedencias para las especies más destacadas y esto derivó posteriormente en pruebas de completas colecciones de procedencias de semillas en las que también fueron consideradas las progenies en cada caso, dando origen a los programas de mejoramiento genético.

Numerosas otras publicaciones de INFOR proporcionan antecedentes de ensayos y proyectos de investigación posteriores, relacionados con adaptación de especies en diferentes sitios a lo largo del país, con técnicas de establecimiento de plantaciones y con selección de procedencias.

Barros (1993) entrega resultados de un ensayo establecido en el predio Los Copihues, cordillera de la costa de la Región de Los Ríos, cercano a Valdivia, en el que fueron probadas algunas procedencias de las especies más destacadas (Cuadro N° 3)

Cuadro N° 3
DESARROLLO DE ESPECIES Y PROCEDENCIAS DE *Eucalyptus*
PREDIO LOS COPIHUES, REGIÓN DE LOS RÍOS

Especies	Procedencias	Edad (años)							CAM	CAC
		6		10		12			12 años	10 - 12 años
		S (%)	S (%)	V (m ³ /ha)	S (%)	DAP (cm)	H (m)	V (m ³ /ha)	V (m ³ /ha/year)	
<i>E. nitens</i>	11814 NSW	78.7	78.7	340	78.7	24.6	24.0	549	46	105
<i>E. nitens</i>	12211 VIC	73.3	72.0	284	72.0	24.1	23.3	452	38	84
<i>E. nitens</i>	12175 VIC	65.3	62.7	247	62.7	23.4	24.6	438	37	96
<i>E. nitens</i>	12214 NSW	69.3	66.7	268	65.3	24.2	23.0	411	34	72
<i>E. regnans</i>	11619 TAS	52.0	49.3	212	49.3	24.3	25.8	355	30	72
<i>E. regnans</i>	12463 VIC	49.3	49.3	176	49.3	23.3	24.9	330	28	77
<i>E. delegatensis</i>	9141 NSW	56.0	56.0	178	54.7	20.8	22.6	283	24	53
<i>E. delegatensis</i>	9989 TAS	62.7	62.7	173	60.0	20.2	21.3	275	23	51
<i>E. regnans</i>	12074 TAS	36.0	36.0	142	36.0	24.1	26.5	270	23	64
<i>E. delegatensis</i>	12295 TAS	44.0	42.7	112	42.0	17.7	22.7	204	17	46
<i>E. globulus</i>	11615 TAS	49.3	48.0	79	45.3	20.5	16.8	131	11	26

(Fuente: Barros, 1993)

S: Supervivencia (1600 arb/ha inicial)

CAM: Crecimiento anual medio

CAC: Crecimiento anual corriente

Este ensayo fue establecido en 1981, empleando plantas en contenedor de una temporada en vivero, preparación de suelos en casillas simples, control manual de competencia y no se aplicó fertilización inicial. El ensayo Esta plantación fue afectado por intensas heladas y fuerte competencia de malezas, situación que se refleja en la temprana reducción de supervivencia, la cual como se vio en el caso del ensayo en Antiquina debiera estar al menos por sobre el 70%. Técnicas de establecimiento más intensas y un replante a fin de la primera temporada con seguridad habrían asegurado una mayor supervivencia de plantas y, en consecuencia, mejores resultados.

No obstante, el ensayo muestra un muy buen crecimiento de las especies probadas, con la excepción de *Eucalyptus globulus*, que es la de menor resistencia a frío del grupo, y con importantes diferencias entre procedencias, destacando por sobre todas la procedencia 11814 de *Eucalyptus nitens* (Anembo NSW), que registra 549 m³/ha, un crecimiento anual medio de 46 m³/ha/año a los 12 años de edad y un crecimiento anual corriente entre los 10 y 12 años de edad que supera los 100 m³/ha/año.

Resultados como los obtenidos en Antiquina y en Copihue explican por una parte el fuerte incremento de la participación de especies de eucaliptos en las plantaciones forestales y la instalación de plantas de celulosa de fibra corta basadas en este recurso y, por otra, la intensificación de la investigación en torno a estas especies, desde ahondar en las técnicas de vivero y propagación y de establecimiento de plantaciones hasta el mejoramiento genético, el manejo silvícola y las propiedades y utilización de sus maderas.

PLANTACIONES FORESTALES

Toda la información reunida sobre el comportamiento de diferentes especies introducidas al país, desde los inicios con los trabajos pioneros de Albert y Peters hasta el programa sistemático de introducción y selección de especies de INFOR, sumada a los resultados de diversas investigaciones de INFOR en el área de silvicultura, manejo y mejoramiento genético de la principales especies, y de las propiedades y utilización sus maderas, ha propiciado la creación de importantes recursos forestales mediante la forestación con especies de rápido crecimiento, proceso que era paulatino desde mediados del siglo pasado y que se aceleró notablemente desde los años 80 de aquél hasta ahora.

Se estima que en el año 1973 la superficie de plantaciones en el país era de unas 450 mil hectáreas, constituida en un 90% por pino radiata.

Las actualizaciones anuales que INFOR efectúa de las plantaciones en el país indican que en 10 años, para 1983, esta superficie se había más que duplicado, sobrepasando el millón de hectáreas plantadas y manteniendo similar proporción de pino radiata.

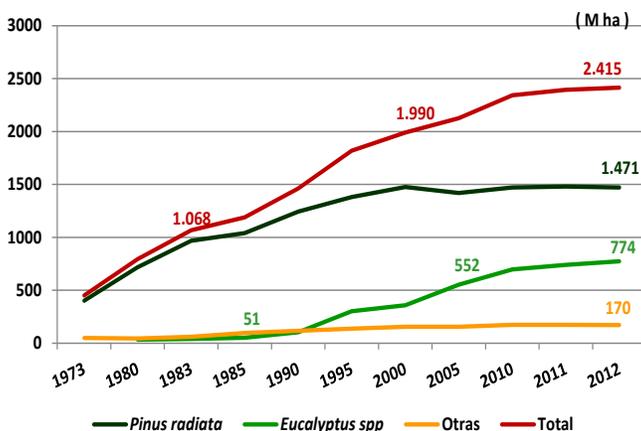
Para el año 2012 en tanto, se ha más que duplicado la superficie de plantaciones nuevamente, superando largamente los dos millones de hectáreas y mostrando ya una mayor diversificación de especies, con pino radiata en un 61%, eucaliptos en 32% y otras especies en un 7% (Cuadro N° 4 y Figura N° 4).

En consecuencia, la participación de eucaliptos y otras especies alcanza ya a un 39% y pino ha reducido su participación, antaño casi exclusiva, en el total de bosques plantados del país a un 61%.

Cuadro N° 4
SUPERFICIE PLANTACIONES FORESTALES SEGUN ESPECIE Y AÑO

Año	<i>Pinus radiata</i>	<i>Eucalyptus spp</i>	Otras	Total
	(M ha)			
1973	400		50	450
1980	717	33	44	794
1983	968	40	60	1.068
1985	1.040	51	97	1.188
1990	1.243	102	116	1.461
1995	1.380	302	136	1.818
2000	1.475	359	156	1.990
2005	1.419	552	154	2.125
2010	1.472	696	174	2.342
2011	1.481	740	174	2.395
2012	1.471	774	170	2.415

(Fuente: INFOR, 2013)

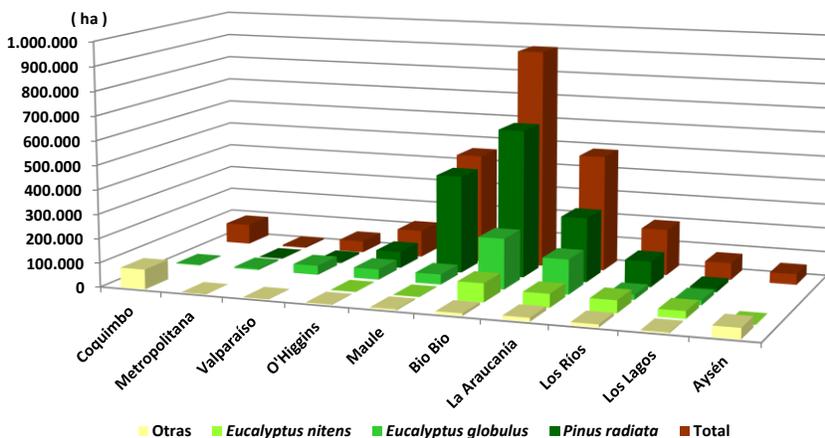


(Fuente, INFOR, 2013)

Figura N° 4
EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE PLANTACIONES 1973-2012

Si bien existen plantaciones forestales en todo el país hay una fuerte concentración de estas en las Regiones de Maule, Bio Bio y La Araucanía, que en conjunto reúnen el 77% de la superficie total, en especial la Región del Bio Bio, que representa el 38% del total plantado en el país (Figura N° 5).

Esta concentración geográfica se debe al excelente crecimiento que alcanzan las plantaciones en la zona centro sur del país y a que se ha desarrollado paralelamente una buena infraestructura caminera y portuaria, además de toda la capacidad industrial primaria, tanto para la transformación química como mecánica de la madera. Esta situación fue también propiciada por la disponibilidad y valor de los suelos adecuados para forestación que existía en estas regiones del país en las primeras etapas de este proceso de repoblación forestal.



(Fuente, INFOR, 2013)

Figura N° 5
PLANTACIONES FORESTALES POR REGIÓN

Las plantaciones forestales en general han recuperado suelos forestales desprovistos de cubierta forestal que se encontraban bajo severos procesos de erosión y, en muchos casos, suelos agrícolas y ganaderos de secano, abandonados por estas formas de uso debido a bajos rendimientos y también bajo fuertes procesos erosivos.

En consecuencia, las plantaciones no han representado una presión de importancia en materia de sustitución de bosques nativos, han ocupado terrenos en los que antiguamente, desde los tiempos de la Colonia, estos fueron eliminados por grandes incendios forestales o por cortas a tala rasa para despejar suelos para uso agrícola y ganadero.

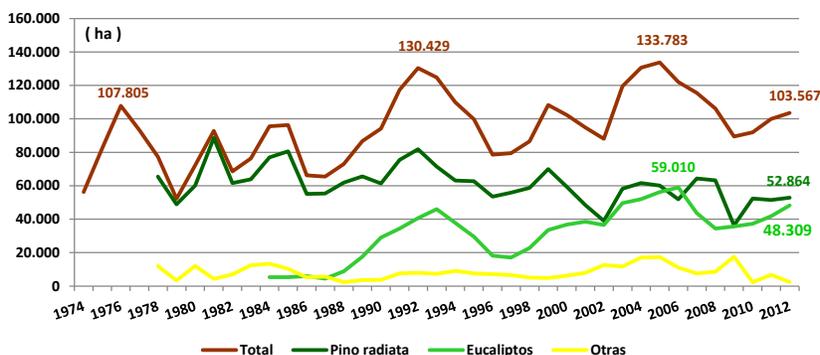
A mitad de los años 90, a través de las periódicas actualizaciones de inventarios de plantaciones y bosques nativos realizadas por INFOR, se determinó que, después de unos 20 años de aplicación de la ley de fomento estatal a las plantaciones forestales, aparecían como sustitución de bosque nativo por plantaciones algo más de 100 mil hectáreas y se apreciaba que un porcentaje muy alto de esta superficie había sido primero habilitada para uso agrícola dentro del período, años después abandonada por la agricultura o la ganadería y posteriormente plantada con pino, eucalipto u otras especies.

Tasa de Plantación

Durante las últimas cuatro décadas se ha estado plantando a una tasa media anual cercana a 100 mil hectáreas, hoy el país dispone de 2,4 millones de hectáreas de plantaciones y ya se ha destacado la importancia que este recurso renovable ha alcanzado en el país; hoy es la base de un importante y acelerado desarrollo industrial, cuyos productos han alcanzado exitosamente los principales mercados externos, y ha representado además una progresiva liberación de la presión sobre los bosques nativos.

Un factor determinante en este acelerado proceso de repoblación forestal ha sido una sostenida política estatal de fomento a las plantaciones forestales, iniciada en 1974 y mantenida con algunas modificaciones hasta el año 2012 cuando expiró la vigencia de la legislación al respecto y cuya extensión se encuentra en estudio.

Desde la puesta en vigencia de la mencionada legislación (DL N° 701 de 1974 y modificaciones posteriores) la tasa media de plantación anual es de 95 mil hectáreas (1974 – 2012), por lo que han sido plantados unos 3,7 millones de hectáreas. Descontado el consumo en el período se obtiene la cifra actual de 2,4 millones de hectáreas (Figura N° 6).



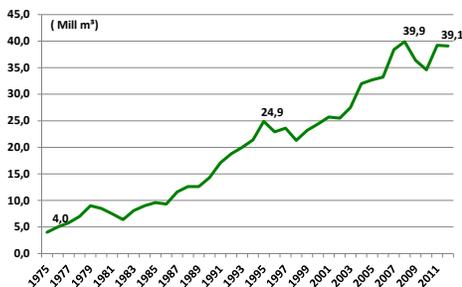
(Fuente: INFOR, 2013)

Figura N° 6
TASA DE PLANTACIÓN POR AÑO Y ESPECIES

La tasa de plantación anual ha experimentado altos y bajos, dados por la situación económica general (crisis económicas mundiales), por variables climáticas (sequías) y por la vigencia o expectativas de vigencia de los incentivos estatales a la forestación, dado que la vigencia de la legislación de fomento inicialmente era de 20 años, hasta el año 1994, y posteriormente diversas modificaciones la extendieron hasta el año 2012 y enfocaron los beneficios prioritariamente en pequeños propietarios y en recuperación de suelos degradados.

La primera reducción de importancia de esta tasa se produce a fines de los años 70, cuando el Estado deja de plantar, lo que representaba al menos el 50% de la superficie plantada anualmente. En adelante las plantaciones son efectuadas por el sector privado y otra baja de importancia se produce a mitad de los años 90 cuando expiran los 20 años de vigencia contemplados en la legislación de fomento de 1974, la cual es renovada posteriormente, y a fines de la primera década del presente siglo se empieza a producir una baja nuevamente por razones similares. El Gobierno prorroga una vez más la vigencia de la ley, esta vez por dos años hasta 2012, y la tasa de plantación recupera sus niveles en el año 2010 por sobre las 100 mil hectáreas (Figura N° 6), y está actualmente en proceso legislativo un proyecto de ley para mantener el fomento estatal a la forestación después del año 2012.

Indicadores importantes del desarrollo sectorial logrado en torno a las plantaciones forestales son el consumo anual de madera y el retorno anual por exportaciones. El consumo de madera en trozas para fines industriales alcanzaba en 1975 a 4 millones de metros cúbicos y para el año 2012 ha subido a 39 millones de metros cúbicos, consumo que en términos de superficie de plantaciones ha variado de unas 8 a 10 mil hectáreas anuales a más de 70 mil hectáreas anuales. El retorno de exportaciones en tanto, que en 1970 era de 42 millones de US\$ FOB, para el año 2012 se sitúa en más de 5 mil millones de US\$ FOB.



(Fuente: INFOR, 2013)

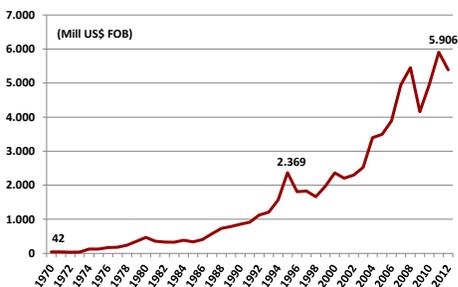
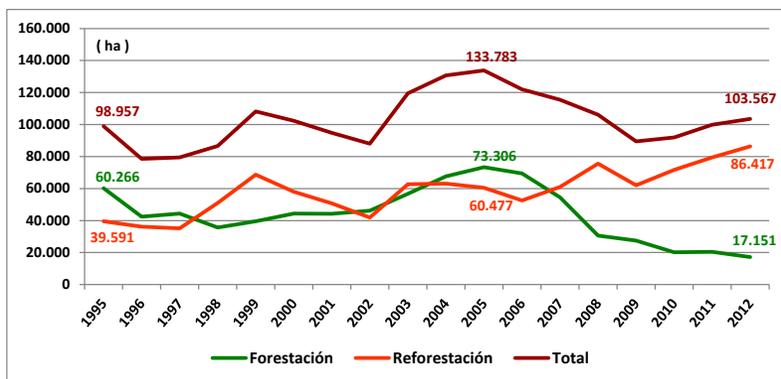


Figura N° 7
CONSUMO MADERA INDUSTRIAL Y RETORNO DE EXPORTACIONES

Hasta mediados de los años 90 la tasa de plantación superaba ampliamente la tasa de corta anual y se incorporaban importantes superficies anualmente al total de plantaciones en el país, posteriormente su componente forestación empieza a decrecer, con cierta recuperación a mitad de la primera década del siglo XXI y una nueva reducción para fines de esta, dominando la componente reforestación¹².

Dado el progresivo incremento del nivel de corta anual las cifras de reforestación se han elevado y ya en los últimos años, pese a mantenerse una tasa de plantación importante, la incorporación de superficies al total plantado en el país está en unas 20 mil hectáreas anuales y menos (Figura N° 8), dado que la diferencia corresponde a reposición de plantaciones cosechadas.



(Fuente: INFOR, 2013)

Figura N° 8
TASA DE PLANTACIÓN ANUAL, FORESTACIÓN Y REFORESTACIÓN

¹² La legislación vigente otorga incentivos estatales para la forestación y hace obligatoria la reforestación sin incentivos estatales. La diferencia entre forestación y reforestación la establece esta legislación; todo suelo forestal que en 1974 o después ha tenido una cubierta vegetal con valor económico no es objeto de forestación y, por el contrario, suelos forestales que en 1974 o después no han tenido una cubierta vegetal con valor económico son objeto de forestación con los incentivo que otorga la ley. Una unidad de superficie solo puede recibir los incentivos una vez y toda corta efectuada desde el año 1974 en adelante grava el terreno con la obligación de reforestación sin incentivos.

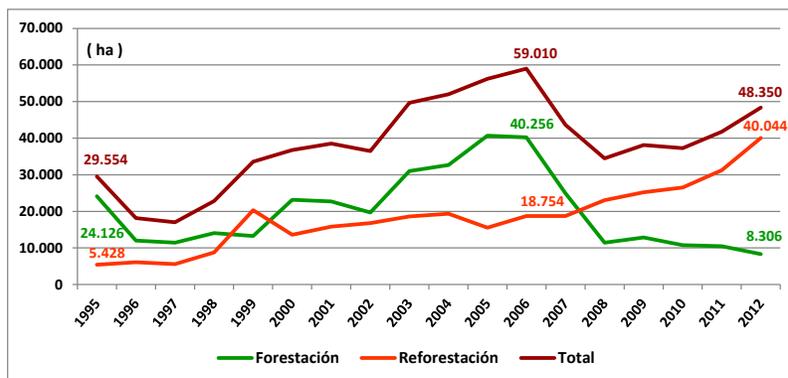
Así, en el año 2012 por ejemplo, pese a que la tasa de plantación supera las 100 mil hectáreas, la incorporación de nuevas plantaciones es solo de 17 mil hectáreas, siendo la diferencia reposición de superficies cosechadas en años anteriores. Cabe notar que al 2012 se está plantando casi igual superficie de pino y eucaliptos (Cuadro N° 5).

**Cuadro N° 5
FORESTACIÓN Y REFORESTACIÓN 2012**

Especies	Plantación	Forestación	Reforestación
	(ha)		
Pino Radiata	52.865	7.804	45.061
Eucaliptos	48.350	8.306	40.044
Otras	2.352	1.039	1.313
Total	103.567	17.149	86.418

(Fuente: INFOR, 2013)

Pese a que la incorporación masiva de eucaliptos en las plantaciones es relativamente reciente, la tasa de reforestación o reposición de superficies cosechadas se hace ya notoria dado que la rotación que se está empleando en estas plantaciones es corta, 11 a 13 años, por lo que ya existe un consumo anual creciente (Figura N° 9).



(Fuente: INFOR, 2013)

**Figura N° 9
FORESTACIÓN Y REFORESTACIÓN EUCALIPTOS**

Eucalyptus globulus ssp globulus retoña o rebrota vigorosamente desde los tocones (cepas) que quedan de la cosecha, por lo que no sería necesario reforestar sino que solo manejar estos rebrotes para obtener un nuevo bosque (conocido en silvicultura como Monte Bajo, a diferencia del Monte alto, originado en una plantación o directamente de semillas) y la corta del bosque original por tanto no afectaría la superficie plantada, solo la edad y la estructura.

Sin embargo, dados los fuertes programas de mejoramiento genético que se están desarrollando para eucaliptos, las grandes empresas forestales no están empleando la alternativa de monte bajo debido a que al final del turno en monte alto se dispone de material mejorado,

genéticamente superior en términos de crecimiento o de la aptitud para pulpa de la madera producida, que es el principal uso actual de los eucaliptos en el país.

Lo anterior haría más conveniente plantar nuevamente, es decir establecer un nuevo monte alto, que aplicar el manejo de retoños. En consecuencia, los tocones o cepas son eliminados previamente y existe un consumo en términos de superficie, que se repone cuando se establece la nueva plantación.

Especies en las Plantaciones

Las superficies de plantaciones dadas anteriormente (Cuadro N° 4 y Figuras N° 4 y N° 5) corresponden a las entregadas por la actualización de superficie de plantaciones de INFOR a diciembre 2012 (INFOR, 2013), que incluye las Regiones de Coquimbo a Aysén. La actualización proporciona información desagregada para las principales especies por región del país, reconociendo 6 especies principales y una categoría otras especies (Cuadro N° 6). En la última categoría están incluidas numerosas especies que la escala de trabajo del programa de actualización no permite identificar o que su reducida participación no justifica mayor desagregación en las cifras nacionales.

Cuadro N° 6
ESPECIES EN LAS PLANTACIONES 2012

Espece	Superficie (ha)
<i>Pinus radiata</i>	1.470.665
<i>Eucalyptus globulus</i>	541.860
<i>Eucalyptus nitens</i>	232.138
<i>Atriplex spp</i>	60.814
<i>Pinus ponderosa</i>	28.080
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	15.969
Otras	64.863
Total	2.414.389

(Fuente: INFOR, 2013)

No obstante, de estimaciones basadas en actualizaciones anteriores de INFOR de diferentes años, de inventarios locales e información disponible en las regiones, es posible indicar que actualmente participan en las plantaciones cerca de 50 especies.

Adicionalmente a la información de las actualizaciones de INFOR, en las regiones del norte, no consideradas en las actualizaciones, existen plantaciones de especies nativas del género *Prosopis*, como tamarugo (*P. tamarugo*) y algarrobos (*P. alba* y *P. chilensis*), y exóticas del género *Acacia* (*A. saligna*) y algunas plantaciones de especies del género *Eucalyptus* (*E. globulus*, *E. cladocalyx*, *E. camaldulensis*). Hacia el sur, incluidas en la categoría otras especies, existen plantaciones de especies nativas del género *Nothofagus*, como raulí (*N. alpina*) coihue (*N. dombeyi*) y lenga (*N. pumilio*) y de exóticas de los géneros *Acacia* (*A. dealbata*, *A. melanoxylon* y *A. mearnsii*), *Pinus* (*P. contorta*, *P. sylvestris*), *Populus* (*P. alba*, *P. nigra*, *P. simonii*, *P. deltoides*, más una serie de híbridos y cultivares como *P. x canadensis*, *P. x canescens* y otros), *Eucalyptus* (*E. regnans*, *E. delegatensis*, *E. viminalis*) y *Larix* (*L. decidua*), sin contar diversas especies frutales de los generos *Prunus*, *Castanea*, *Juglans* y otros.

Especies y regiones no consideradas en las actualizaciones de plantaciones pueden sumar en conjunto unas 50 a 60 mil hectáreas más a la superficie plantada en el país.

Los géneros presentes en las plantaciones forestales son los que se indica en la Figura N° 10.

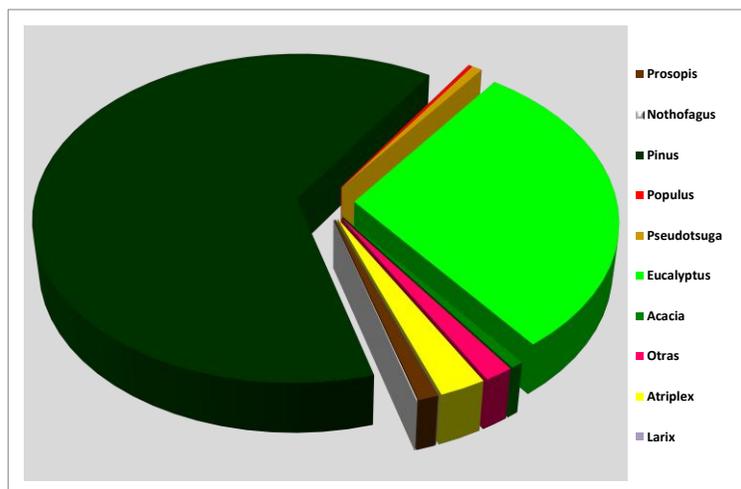


Figura N° 10
GÉNEROS EN LAS PLANTACIONES FORESTALES

Como antes se indicara, la participación de especies nativas en las plantaciones es muy reducida, limitándose a una del género *Atriplex*, *pasto salado* (*A. repanda*), una del género *Acacia*, espino (*A. caven*), una del género *Peumus*, boldo (*P. boldus*), y a las del género *Prosopis*, en la zona central y norte del país, y algunas del género *Nothofagus*, en la zona sur.

La forestación con especies nativas es indudablemente de interés, en especial con especies de madera valiosa y rotación relativamente más corta, como por ejemplo raulí (*Nothofagus alpina*), canelo (*Drimys winteri*) y otras, o en zonas marginales para el crecimiento de especies exóticas de rápido crecimiento, como es el caso de las regiones australes, donde especies nativas como lenga (*Nothofagus pumilio*) y ñirre (*Nothofagus antarctica*) adquieren particular relevancia.

Sin embargo, la recuperación de los bosques nativos se debe lograr fundamentalmente por la vía del manejo de las masas existentes, para lo cual la plantación es solo una de las herramientas silvícolas disponibles y se hará necesaria su aplicación principalmente cuando las formaciones naturales existentes ya no sean recuperables mediante prácticas de manejo o su composición de especies esté a tal grado empobrecida que se hagan necesarias plantaciones de enriquecimiento.

La gama de especies hoy disponible para la ampliación y diversificación de las plantaciones forestales en el país es de especial importancia hacia el futuro. Como inicialmente se mencionó, existen en el país importantes extensiones de suelos forestales desarbolados hacia los cuales las plantaciones pueden ser ampliadas, en el mediano plazo la superficie de bosques plantados en el país puede ser duplicada y en el largo plazo tal vez triplicada o más.

En términos generales, las plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* se distribuyen entre las Regiones de Valparaíso y Los Lagos. Al norte y al sur de esta gran área las

condiciones climáticas se hacen limitantes para su adecuado crecimiento por las reducidas precipitaciones y por bajas temperaturas, respectivamente. Dentro de esta gran área a su vez, existen también diversas zonas que son marginales para su buen crecimiento, ejemplo de esto son el valle central desde la Región de Valparaíso hasta la parte norte de la Región del Bio Bio, por sus limitadas precipitaciones y prolongado período seco estival; sectores de precordillera andina, donde las menores temperaturas medias, frecuencia de heladas y eventuales nieves limitan su supervivencia y crecimiento; y diversos sectores, principalmente del valle central de La Araucanía a Los Lagos, donde bajas temperaturas son la limitante principal.

Dentro y fuera de la zona donde se ubican y desarrollan bien las plantaciones tradicionales de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, existen importantes superficies de suelos que pueden ser plantados, especialmente fuera.

Dentro de la gama de eucaliptos y de otras especies hay algunas que dado su crecimiento y las características de sus maderas pueden ser alternativas convenientes en el primer caso mencionado y en especial si los objetivos productivos de las plantaciones no son los habituales para las especies tradicionales, de grandes volúmenes de madera para pulpa o aserrío, sino que madera aserrada de mayor valor, foliados, debobinados, combinaciones agroforestales, energía u otros.

No obstante, es en el segundo caso donde la gama de eucaliptos y otras especies es de mayor importancia, dado que entre ellas se puede encontrar las apropiadas para enfrentar condiciones de sitio adversas para las dos especies habitualmente empleadas.

La reciente masificación de *Eucalyptus nitens* en las plantaciones es un buen ejemplo de la incorporación de una especie para repoblar zonas que por bajas temperaturas resultan marginales para la especie normalmente usada, *Eucalyptus globulus*, ya que la primera, además de un excelente crecimiento, presenta mayor resistencia a frío que la segunda. Esta especie, presenta una menor densidad en su madera, que se compensa con mayor crecimiento, y una limitada capacidad de retoñación para conformar un monte bajo para la segunda rotación, alternativa que como antes se indicó nos es actualmente del interés de las empresas. Esto ha motivado que se la haya empezado a emplear masivamente en las plantaciones desde Bio Bio a Los Lagos y que sea ya la tercera especie plantada en el país, con más de 230 mil hectáreas al 2012.

Es importante considerar también que el fenómeno de cambio climático global que se prevé para un futuro más próximo de lo que se quisiera, tendría en el país consecuencias que pueden ser relativamente favorables en algunas regiones y relativamente desfavorables en otras.

Se espera un aumento general de las temperaturas medias y variaciones en los regímenes pluviométricos y esto, en términos muy generales, implicaría que las condiciones de semiaridez de la zona central pueden extenderse hacia el sur, en especial por el valle central, acentuando las limitantes hídricas ya existentes y ampliándolas más al sur que en la actualidad. El aumento de las temperaturas puede ser positivo en sectores de precordillera andina de la zona sur y en la regiones australes favoreciendo el desarrollo de algunas especies o haciéndolo posible en zonas en que hoy no lo es.

No existe certeza respecto de la intensidad o magnitud de las variaciones climáticas que se avecinan, pero sin duda disponer de una buena variedad de especies forestales para emplear en las plantaciones será una gran ventaja para enfrentarlas.

REFERENCIAS

Albert, Federico, 1908. Algunas Observaciones Sobre las Especies Cultivadas en la Sección de Aguas y Bosques. Santiago de Chile; Imprenta Cervantes; 1908; 68 págs.

Albert, Federico, 1909. Los 7 Árboles Forestales más Recomendables para el País. Santiago, Chile: Imprenta Cervantes, 1909. 45 p.

Barros, S.; Rojas, P.; Barros, D.; Navia, P.; Vita, A.; Toro, J. y Cogollor, G., 1979. Informe I. Situación Actual de los Programas de Introducción de Especies Forestales en Chile. Proyecto CONAF/PNUD/FAO/CHI – 76 – 003. Instituto Forestal – Universidad de Chile. 386 p. Mapas y Anexos.

Barros, S.; Prado, J.A.; Elgueta, H.; Rojas, P.; Barros, D.; Navia, P.; Vita, A.; Cogollor, G.; Toro, J. y Caldentey, J., 1979a. Informe II. Áreas Cubiertas por Ensayos de Introducción de Especies y Ubicación de Nuevas Experiencias. Proyecto CONAF/PNUD/FAO/CHI – 76 – 003. Instituto Forestal – Universidad de Chile. 90 p. Mapas y Anexos.

Barros, S., 1993. Crecimiento Juvenil de Especies y Procedencias de *Eucalyptus*. Los Copihues. Provincia de Valdivia, X Región. En: Actas Simposio Los Eucaliptos en el Desarrollo Forestal de Chile. Pucón, Chile. 24 a 26 de Noviembre 1993. Instituto Forestal Chile. Barros, S., Prado, J.A. y Alvear, C. Eds,

Bay-Smith, T., 1965. Algunas Observaciones sobre Ensayos de Especies Forestales en la Provincia de Arauco.

INFOR, 2011. Anuario Forestal 2011. Boletín Estadístico N° 132. Instituto Forestal. Santiago, Chile.

INFOR, 2012, Actualización de las Plantaciones Forestales. Informe en fase final de elaboración. Instituto Forestal. Santiago, Chile.

INFOR, 2013. El Sector Forestal Chileno 2013. The Chilean Forestry Sector 2013. Instituto Forestal, Chile.

Pilla, C., 1952. Informe sobre la Visita a las Dunas Fiscales de Chanco (Cauquenes). Santiago: FAO, 16 p.

Prado, J. A., Barros, S.; Wrann, J.; Rojas, P.; Barros, D. y Aguirre, S., 1986. Especies Forestales Exóticas de Interés Económico para Chile. Instituto Forestal - Corporación de Fomento de la Producción. Santiago, Chile. 168 p.

Prado, J. A. y Barros, S. (Eds), 1989. *Eucalyptus*. Principios de Silvicultura y Manejo. Instituto Forestal - Corporación de Fomento de la Producción. Santiago, Chile. 197 p.

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

compresión 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 atentas a la Norma NCh 30 del Instituto Nacional de Normalización (INN). Se empleará en todo caso el sistema métrico decimal. Al respecto es conveniente recordar que la unidades se abrevian en minúsculas, sin punto, con la excepción de litro (L) y de aquellas que provienen de apellidos de personas como grados Celsius (°C). Algunas unidades de uso muy frecuente: metro, que debe ser abreviado **m**, 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
ANÁLISIS GENÉTICO UNIVARIADO DE CUATRO ENSAYOS DE PROGENIE Y PROCEDENCIA DE <i>Eucalyptus globulus</i> Labill EN CHILE. POTENCIAL GENÉTICO Y SILVÍCOLA. Ipinza, Roberto ; Gutiérrez, Braulio y Molina María Paz. Chile.	7
ESPECIES ALTERNATIVAS DE <i>Eucalyptus</i> EN LA REGIÓN DEL BIO-BIO. RESULTADOS DE CRECIMIENTO A LOS 14 AÑOS ED EDAD. Emhart, Verónica; Celhay, Juan Andrés ; Velilla, Edgardo y Medina, Alex. Chile.	27
EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO INICIAL DE UNA PLANTACIÓN DE <i>Eucalyptus pellita</i> F. Muell. SOMETIDA A DIFERENTES TRATAMIENTOS DE ENMIENDAS. Giraldo, Diana . Parra, Luis Fernando y Nieto, Víctor. Colombia.	37
DIAGNÓSTICO DEL IMPACTO DE LOS PRODUCTOS FORESTALES NO MADEREROS (PFNM) EN EL INGRESO Y ALIMENTACIÓN DE LOS PEQUEÑOS PROPIETARIOS EN LA REGIÓN DEL BIO BIO, CHILE. Chung, Patricio; Sotomayor, Álvaro y Lucero, Alejandro. Chile.	53
APUNTES	
INTRODUCCIÓN DE ESPECIES DE <i>Eucalyptus</i> A CHILE. RESEÑA HISTÓRICA. Barros, Santiago. Chile.	69
REGLAMENTO DE PUBLICACIÓN	95

