

Volumen 24 N° 1  
Abril 2018

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

# CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL



**INSTITUTO FORESTAL  
CHILE**





**VOLUMEN 24 N° 1**

**CIENCIA E  
INVESTIGACION  
FORESTAL**

**Abril 2018**

**INSTITUTO FORESTAL  
CHILE**



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

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

Dirección



Instituto Forestal  
Sucre 2397 - Casilla 3085 - Santiago, Chile  
Fono 56 2 3667115  
Correo electrónico [sbarros@infor.gob.cl](mailto:sbarros@infor.gob.cl)  
<http://www.infor.cl/index.php/revista-cifor>

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.



# PERAL SILVESTRE (*Pyrus piraster* (L.) Du Roi) Y SERBAL (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz), DOS ESPECIES DE ALTO VALOR APTAS PARA SER INCORPORADAS EN PLANTACIONES MIXTAS

Loewe, Verónica<sup>1</sup>; Delard, Claudia<sup>2</sup> y Álvarez, Andrea<sup>3</sup>

## RESUMEN

Se estudió durante once años el establecimiento y desarrollo de dos especies latifoliadas europeas productoras de maderas valiosas en la precordillera de Chile central, reconocidas como esporádicas o raras. El serbal o ciavardello (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz) es una especie que produce madera de alto valor y se desarrolla en pequeños bosquetes o en forma aislada en bosques europeos templados, de crecimiento relativamente lento. El peral (*Pyrus piraster* (L.) Du Roi), nativa de Europa central, es una especie termófila y heliófila, que puede crecer en diferentes tipos de suelos y cuya madera es apetecida para la fabricación de muebles.

Ambas especies pueden plantarse junto a otras especies de rápido crecimiento, en plantaciones mixtas con especies acompañantes que pueden mejorar la forma y elevar la producción, o en sistemas agroforestales.

Para evaluar el potencial de ambas especies en la zona central de Chile se estableció una unidad experimental que incluyó plantaciones puras y mixtas, cuyos resultados a los 11 años indicaron una sobrevivencia de 91% para peral y 76% para serbal.

Peral en asociación con aliso italiano (*Alnus cordata*) presentó el mayor crecimiento en altura (0,63 m/año) y las asociaciones probadas permitieron un crecimiento en altura un 10% superior a la plantación pura (0,44 m/año). Su crecimiento diamétrico también fue superior en la asociación con aliso italiano (0,7 cm/año), sin diferencias significativas con las demás asociaciones.

Serbal, al igual que peral, presentó mayor crecimiento en altura en la asociación con aliso italiano y con sauco (*Sambucus nigra*) (0,48 m/año en ambos), y también presentó un mayor desarrollo en las plantaciones mixtas, un 20% superior a la plantación pura. El crecimiento diamétrico no presentó diferencias significativas entre las asociaciones probadas (0,4-0,5 cm/año), alcanzando en promedio un valor un 24% superior al registrado en la plantación pura.

Respecto del vigor, peral presentó elevado vigor tanto en las plantaciones puras como mixtas, aun cuando la mayoría de los individuos (80%) presentó baja rectitud. Serbal presentó vigor medio en la mayoría de las asociaciones y solo cuando se asoció a aliso italiano la rectitud fue aceptable (75% de individuos rectos). Ambas especies son susceptibles de ser establecidas en la zona central de Chile en plantaciones mixtas o modelos agroforestales, con aptitud potencial para producir madera de alto valor si se efectúa un manejo adecuado.

**Palabras Clave:** Arboricultura, especies esporádicas, madera de alto valor, peral, serbal.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Forestal, Investigador Sede Metropolitana. Instituto Forestal. Chile. vloewe@infor.cl

<sup>2</sup> Ingeniero Forestal, Investigador Sede Metropolitana. Instituto Forestal. Chile.

<sup>3</sup> Ingeniero Agrónomo, Investigador Sede Metropolitana. Instituto Forestal. Chile.

## SUMMARY

The establishment and development of two hardwood European species that produce valuable timber, recognized as sporadic or rare, were studied during 11 years. Wild Service Tree (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz) is a species of relatively slow growth that produces high value timber and develops in small stands or isolated in European temperate forests. Pear Tree (*Pyrus piraster* (L.) Du Roi), native of Central Europe, is a termofilous and heliofil species that can grow in different types of soils, whose timber is demanded for furniture manufacturing. Both species can be established along with other species of fast growth in mixed plantations with accompanying species that can improve the form and increase production, or in agroforestry systems.

To evaluate the potential of both species in the central zone of Chile was established an experimental unit that included pure and mixed plantations, which results at the age of 11 years indicated a survival of 91% for Pear and 76% for Wild Service Tree.

Pear in association with Italian Alder (*Alnus cordata*) presented the major height growth (0,63 m/year), and the tested associations allowed a height growth 10% superior to the pure plantation (0,44 m/year). Its diametric growth was also superior in the association with Italian Alder (0,7 cm/year), without significant differences.

Wild Service Tree presented major height growth in the association with Italian Alder and with Elder (*Sambucus nigra*) (0,48 m/year in both), and also showed a superior development in mixed plantations, 20% higher than in the pure plantation. The diameter growth did not present significant differences between the tested associations (0,4-0,5 cm/year), reaching a 24% higher value than in the pure plantation.

Regarding to vigor, Pear presented vigorous trees in both pure and mixed plantations, even if most of the individuals (80%) were no straight. Wild service trees presented medium vigor in most of the associations and only when associated to Italian Alder showed acceptable straightness (75% of straight trees). Both species are susceptible of being established in the central area of Chile in mixed plantations or in agroforestry systems, with the potentiality of producing high value timber if adequately managed.

**Key words:** Arboriculture, sporadic species, high value wood, Pear, Wild Service Tree.



## INTRODUCCIÓN

Existen numerosas especies latifoliadas que producen madera de alto valor, dentro de las cuales algunas se conocen como esporádicas porque en forma natural se encuentran en baja densidad y dispersas dentro de los bosques (Mori y Pelleri, 2014). Dos de ellas son el serbal (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz), también conocido como serbal silvestre, ciavardello, mostajo o Wild Service Tree, y el peral silvestre (*Pyrus piraster* L.).

El serbal es una especie definida como rara (Paganová, 2008; Pyttel *et al.*, 2011), que generalmente se encuentra en pequeños bosquetes o de forma individual (Demasure-Musch y Oddou-Muratorio, 2004; Hoebee *et al.*, 2006) debido principalmente a su difícil regeneración natural dado el elevado número de semillas infértiles (Rasmussen y Kollmann, 2004). Su reproducción se realiza principalmente por brotes de raíz (Gonin *et al.*, 2013), de mayor vigor (Bednorz y Nowinska, 2017). Se distribuye principalmente en las regiones europeas de clima templado (Gonin *et al.*, 2013) tanto occidental como oriental y central, además del noroeste de África y el suroeste asiático (Nicolescu *et al.*, 2009), pero se concentra en Francia (Kausch-Blecken, 1994).

Una de las ventajas de esta especie es su tolerancia tanto a altas temperaturas (termófila) como también a bajas temperaturas, y a un bajo contenido de humedad del suelo (Paganová, 2007, 2008), aunque también se desarrolla en zonas temporalmente inundadas (Nicolescu *et al.*, 2009). Por ello, destaca su tolerancia a la variabilidad climática (Burke *et al.*, 2017; O'Neill *et al.*, 2017), relevante por el aumento global de las temperaturas previsto para las próximas décadas (Gourdji *et al.*, 2013). Tolerancia la sequía estival, aun cuando necesita una pluviometría de 600-700 mm/año. Crece hasta los 1.000 msnm e incluso hasta 1.300 msnm exposición cálida.

Es una especie heliófila y sensible a la competencia; prefiere suelos de texturas medias de profundidad media (sobre 45 cm), con un amplio rango de pH (4,3-8,0) con muy baja sensibilidad a la caliza activa (Coello *et al.*, 2013), siendo muy plástica también en cuanto a sus nutrientes (Gonin *et al.*, 2013).

Dado su relativo lento crecimiento, se suele plantar con otras latifoliadas de rápido crecimiento como nogal o fresno, entre otras, y dada su elevada plasticidad se puede establecer en las áreas con mayores limitaciones de la plantación (bordes, o áreas más expuestas al viento). Respecto de las podas, éstas se realizan en verano de manera progresiva, cada uno a tres años, hasta obtener una troza limpia de 3-4 y hasta 6 m (Gonin *et al.*, 2013).

El serbal se puede plantar de diferentes formas, ya sea en plantación pura en pequeñas superficies o mixta con otras latifoliadas de alto valor. Se recomienda evitar el uso exclusivo de rosáceas para evitar la propagación de posibles problemas sanitarios, siendo interesantes diseños que incluyan especies con tasas de crecimiento diferente para realizar las cortas futuras de manera progresiva y continua.

Los serbales son también de interés en sistemas agroforestales, debido a su resistencia al viento y a su efecto de depuración del agua infiltrada por la gestión agrícola, siendo exitosas las combinaciones con soja, trigo o viña (Coello *et al.*, 2013).

Su madera es similar a la del manzano (*Malus communis*), con grano y color decorativo, anillos de crecimiento notorios y duramen brillante, sin diferencia de color entre la albura y el duramen. Es muy apreciada para ebanistería fina, lutería, tornería y para pisos. Trozas de calidad para foliado pueden superar los US\$ 15.000/m<sup>3</sup>, mientras que trozas de ramas grandes US\$ 1.500/m<sup>3</sup> (Loewe y González, 2007). Desde fines de los 80 en Alemania esta madera es considerada como muy especial, alcanzado precios de hasta US\$ 45.000/m<sup>3</sup>, siendo la madera europea silvestre que alcanza el precio más elevado (Coello *et al.*, 2013).

El peral es una especie longeva nativa de Europa central, de forma piramidal y redondeada en su juventud, que puede alcanzar 20 m de altura. Presenta una gran extensión natural, eurasiática de tendencia sub mediterránea. En Francia está presente en toda su extensión, menos frecuente en la región mediterránea y norte. En España se encuentra generalmente en

bosques caducifolios de las montañas del norte del país (Gonin *et al.*, 2013).

Al igual que el serbal, es una especie termófila que resiste bien el frío, pero es sensible a heladas tardías. Requiere sobre 600 mm de precipitación anual y crece hasta los 1.200 msnm, siendo favorables las colinas y faldas de montaña. Es exigente a la exposición a la luz, sobre todo en estado adulto, aun cuando tolera sombra moderada, pero en estas condiciones no alcanza grandes dimensiones.

La especie puede subsistir con recursos hídricos limitados y en ambientes húmedos, pero es sensible a suelos con mal drenaje. Prefiere suelos con pH 6 o superior, de diferentes texturas, siendo más favorables las limosas a arcillosas (Buresti Lattes e Mori, 2016); es exigente en nitrógeno y fósforo, y prefiere suelos ricos y fértiles (Gonin *et al.*, 2013). Se reproduce principalmente por brotes de raíz y presenta riesgo de enfermedades por *Erwinia amylovora* o la roya del peral (*Gymnosporangium sabinae*), que afectan principalmente perales cultivados.

Al igual que el serbal, el peral se puede establecer en plantación mixta con especies acompañantes que mejoren la formación del fuste mediante sombra lateral y que a la vez incrementen su desarrollo, incorporando especies fijadoras de nitrógeno como los alisos (*Alnus* sp.). También ha sido exitosa la plantación del peral en sistemas agroforestales, en los cuales se establece en hileras para permitir la mecanización agrícola (Coello *et al.*, 2013).

El peral posee una de las maderas más apetecidas para foliado y aserrado (Buresti Lattes e Mori, 2016), y para la fabricación de muebles, como el cerezo y el nogal; también se utiliza para la fabricación de instrumentos de dibujo, bloques para grabado en madera, tallado, tornería y chapas decorativas. Es muy apreciada como material para esculturas y ebanistería de lujo, y también se utiliza para fabricar instrumentos musicales tradicionales (armónicas, flautas, pitos de órgano, teclas de piano) junto con el arce (Loewe y González, 2005). Las trozas para foliado alcanzan valores entre US\$ 900 y 2.500/m<sup>3</sup>, y la madera aserrada entre US\$ 400 y 1.000/m<sup>3</sup> (Loewe y González, 2005).

Las chapas decorativas de ambas especies corresponden al destino productivo de mayor valor y para su elaboración se requieren trozas con crecimientos en diámetro regulares, fustes rectos no excéntricos, nudos concentrados en un cilindro central de 5-10 cm. de diámetro, diámetros de al menos 30 cm. y largo de trozas de 3 m o más, aunque se pueden colocar en el mercado trozas más cortas pero con un valor significativamente menor.

El valor de la troza para foliado aumenta en forma más que proporcional a medida que aumenta el largo y el diámetro. No obstante lo anterior, las chapas foliadas son raras y debido a las altas pérdidas en las uniones de corte la producción de este tipo de chapa es muy costosa.

A fin de evaluar el potencial de ambas especies en la zona central de Chile, se estableció una unidad experimental que incluye plantaciones puras y mixtas, cuyos resultados a los 11 años se presentan en este artículo.

## MATERIAL Y MÉTODO

En el marco del proyecto Plantaciones Mixtas, Diversidad, Productividad y Sustentabilidad para el Desarrollo Forestal, financiado por la Fundación para la innovación Agraria (FIA) y ejecutado por el Instituto Forestal (INFOR) entre los años 2000-2007, el año 2006 se estableció un ensayo con el objetivo de analizar el comportamiento de serbal y peral como especies principales en plantaciones puras y mixtas, probando diferentes asociaciones (Cuadro N° 1), a fin de determinar el efecto sobre su desarrollo de especies secundarias, una arbórea (aliso italiano, *Alnus cordata* (Loisel) Duby), una arbustiva de gran tamaño, avellano europeo (*Corylus avellana* L.), y dos arbustivas de talla menor, sauco negro (*Sambucus nigra* L.) y sauco menor (*Sambucus ebulus* L.).

**Cuadro N° 1**  
**TRATAMIENTOS EVALUADOS EN ENSAYO**

<b>Especies</b>	<b>Asociación</b>
<i>Sorbus torminalis</i>	Puro
<i>Pyrus piraster</i>	Puro
<i>Pyrus piraster</i> - <i>Sorbus torminalis</i>	1
<i>Pyrus piraster</i> - <i>Sorbus torminalis</i> - <i>Alnus cordata</i>	2
<i>Pyrus piraster</i> - <i>Sorbus torminalis</i> - <i>Corylus avellana</i>	3
<i>Pyrus piraster</i> - <i>Sorbus torminalis</i> - <i>Sambucus ebulus</i>	4
<i>Pyrus piraster</i> - <i>Sorbus torminalis</i> - <i>Sambucus nigra</i>	5

El ensayo se estableció en el fundo La Loma, comuna de Molina, región del Maule (35°12'30.01" LS, 71°6'23.51" LO y 496 msnm). El clima del área se clasifica como Oceánico Mediterráneo (verano suave) (Csb por el sistema Köppen-Geiger), con más precipitaciones en invierno que en verano. La temperatura media anual es 13.2°C y la precipitación anual de 845 mm (Cuadro N° 2). El ensayo se ubica en una colina, con suelos aluviales del valle central, recientemente dedicados a la fruticultura. Presenta reacción neutra (pH 6,2 - 7,1).

**Cuadro N° 2**  
**VARIABLES CLIMÁTICAS ANUALES DEL ÁREA**

<b>Año</b>	<b>Precipitación Acumulada (mm)</b>	<b>Temperatura Media Anual (°C)</b>
2006	1.335,3	13,5
2007	651,1	12,0
2008	1.192,3	13,7
2009	1.010,7	12,8
2010	667,1	12,3
2011	776,4	12,6
2012	797,9	13,2
2013	589,1	12,8
2014	966,1	12,8
2015	829,5	14,3
2016	631,7	15,4
2017	696,2	s/d

(Fuente: DMC y DGA, estación ubicada a 3 Km del ensayo)

La plantación se realizó en agosto del 2006, utilizando plantas en macetas de un año de edad producidas en el vivero Bopar, con una altura media de 40 cm.

Desde el establecimiento, se aplicó un manejo semi-intensivo según los principios de arboricultura de calidad (Loewe, 2003), incluyendo preparación del suelo (laboreo completo y subsolado en la línea de plantación a una profundidad de 30-40 cm), control de malezas, podas estivales e invernales y riego tecnificado durante los primeros 5 años.

Los tratamientos culturales proporcionados consistieron en replante el primer año después de la plantación; podas de formación iterativas los años 1, 2, 3, 5 y 7, que considera selección del eje central, eliminación de coronas y de ramas gruesas y muy verticales, y desyemes posteriores; y limpias alrededor de las plantas los dos primeros años.

El diseño experimental considera tres bloques completos al azar, con 7 parcelas correspondientes a las asociaciones (tratamientos), con 20 plantas cada una. En total, consta de 420 plantas más dos filas de borde, con un distanciamiento de 3,5 x 3 m, ocupando en total una superficie cercana a 1 ha.

Desde 2006 y hasta el 2017, al establecimiento y a los 1, 5, 10 y 11 años de edad, se midieron repetidamente el diámetro al cuello (DAC) o diámetro a 1,3 m de altura (DAP) según la altura total de cada árbol, así como otros parámetros relacionados con la calidad, tales como rectitud, vigor y estado sanitario.

El análisis estadístico consideró curvas de supervivencia de Kaplan-Meier y Prueba de *Log Rank* ( $\alpha=0.05$ ) para comparar la supervivencia de las especies principales. Para representar la estructura de las (co)variables asociadas con el crecimiento se utilizó un ANOVA (análisis de varianza) de modelos lineales mixtos y la prueba de la diferencia mínima significativa de *Fisher* (LSD) ( $p>0,05$ ), para la comparación de medias de efectos principales, utilizando el *software Infostat* (Di Rienzo *et al.*, 2015).

En la última medición se evaluó adicionalmente el vigor de las plantas clasificándolas en tres categorías: 1: Alto; 2: Medio y 3: Bajo, y la forma en cuatro categorías: 1: Recto; 2: Ligeramente curvado; 3: Curvado y 4: Fuertemente curvado. El análisis de estas variables consideró tablas de contingencia con los estadísticos *Chi Cuadrado de Pearson* ( $X^2$  Pearson) y *Chi Cuadrado de máxima verosimilitud* ( $X^2$  MV-G2).

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan a continuación según las variables analizadas.

### Supervivencia

La prueba de *Log Rank* mostró diferencias significativas entre especies ( $\chi^2=37,2$   $p=0,000000$ ), presentando mayor supervivencia peral (91%) que serbal (76%) a los once años de edad (Figura N° 1).

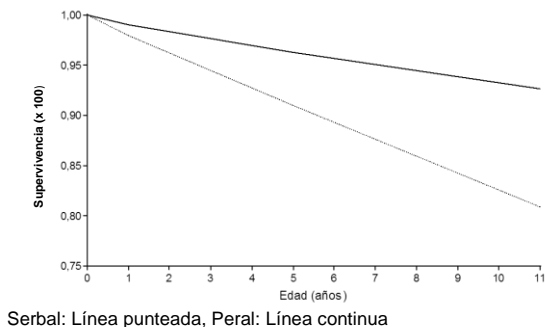
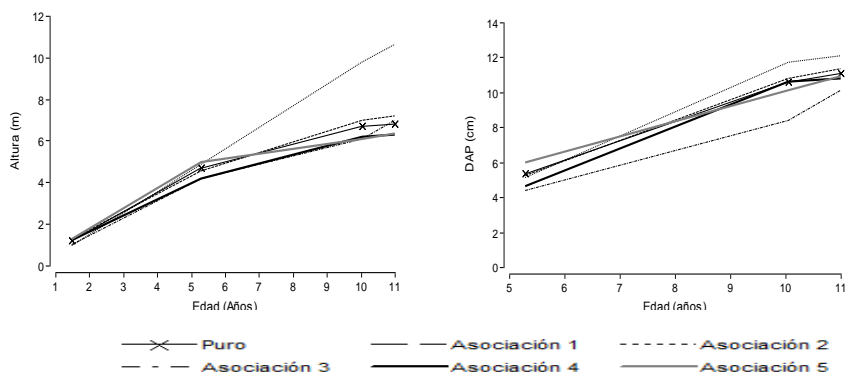


Figura N° 1  
CURVA DE SUPERVIVENCIA DE KAPLAN-MEIER

### Crecimiento

#### - Peral

El diagrama de perfiles multivariados (Figura N° 2) muestra que el crecimiento en altura en las diferentes asociaciones es similar hasta el quinto año, cuando la asociación 2 (peral, serbal y aliso italiano) favorece esta especie principal. La bondad de esta asociación también se observa en el crecimiento en DAP a partir del año 7. Contrariamente, la asociación 3 (peral, serbal y avellano europeo) presentó un menor crecimiento diamétrico durante todo el periodo evaluado.



**Figura N° 2**  
**DIAGRAMA DE PERFILES MULTIVARIADOS DE ALTURA Y DAP PARA PERAL SEGÚN ASOCIACIÓN**

La asociación 2 favoreció en forma significativa el crecimiento en altura (Cuadro N° 3), aunque el vigor fue mayoritariamente medio-bajo, al igual que en las otras asociaciones, sin diferencias significativas ( $\chi^2$  Pearson=1; gl=5; p=0,0990;  $\chi^2$  MV-G2=1; gl=5; p=0,0989) (Cuadro N° 4). La mayoría de los árboles rectos (71%), sin embargo, se encontraron en la asociación 5 (peral, serbal y sauco negro), con diferencias significativas entre asociaciones ( $\chi^2$  Pearson=7,57; gl=5; p=0,0181;  $\chi^2$  MV-G2=7,44; gl=5; p=0,0189).

**Cuadro N° 3**  
**CRECIMIENTO ANUAL EN ALTURA Y DIÁMETRO DE PERAL SILVESTRE SEGÚN ASOCIACIÓN**

Asociación	Crecimiento Anual	
	Altura (m/año)	DAP (cm/año)
Puro	0,40 ± 0,01 b	0,65 ± 0,03 a
1	0,42 ± 0,02 b	0,67 ± 0,05 a
2	0,63 ± 0,03 a	0,71 ± 0,07 a
3	0,41 ± 0,03 b	0,59 ± 0,07 a
4	0,37 ± 0,04 b	0,63 ± 0,08 a
5	0,37 ± 0,04 b	0,64 ± 0,08 a

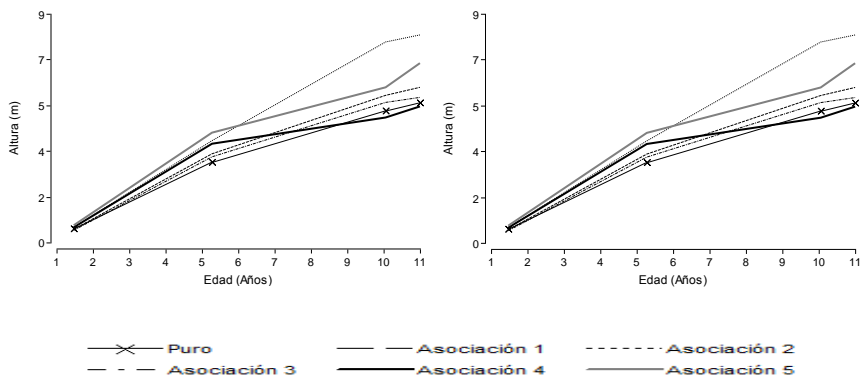
**Cuadro N° 4**  
**INDIVIDUOS DE PERAL SILVESTRE SEGÚN CATEGORÍA DE VIGOR Y RECTITUD SEGÚN ASOCIACIÓN**

Asociación	Vigor (%)		Rectitud (%)	
	Alto	Medio-Bajo	Recto	No recto
Puro	35	65	35	65
1	28	72	22	78
2	38	63	25	75
3	38	63	13	88
4	29	71	29	71
5	38	71	71	29

- **Serbal**

El diagrama de perfiles multivariados presenta un patrón similar al del peral (Figura N° 3). Todas las asociaciones presentaron un crecimiento en altura homogéneo durante los primeros cinco años, a partir del cual sobresale la asociación 2 con peral y aliso italiano.

El DAP presenta una evolución similar en todas las asociaciones, manteniéndose la plantación pura siempre por debajo de las demás. A partir del año 10, la asociación 5, con peral y sauco negro, presenta un crecimiento superior.



**Figura N° 3**  
**DIAGRAMA DE PERFILES MULTIVARIADOS DE ALTURA Y DAP PARA SERBAL SEGÚN ASOCIACIÓN**

Se observaron crecimientos anuales en altura estadísticamente superiores en la asociación 2 (serbal, peral y aliso italiano) y 5 (serbal, peral y sauco negro) (Cuadro N° 5). No se observaron diferencias significativas entre asociaciones para el DAP.

Los individuos de serbal presentaron mayoritariamente vigor medio-bajo; la asociación 3 (serbal, peral y avellano) favoreció el vigor, aunque sin diferencias significativas ( $\chi^2$  Pearson=4; gl=5; p=0,0563;  $\chi^2$  MV-G2=4; gl=5; p=0,0494) (Cuadro N° 6).

La asociación 5 (serbal, peral y sauco negro), permitió la mayor rectitud de esta especie (60%), aunque tampoco se observaron diferencias significativas para esta variable ( $\chi^2$  Pearson=2,11; gl=5; p=0,0834;  $\chi^2$  MV-G2=2,14; gl=5; p=0,0830).

**Cuadro N° 5**  
**CRECIMIENTOS ANUALES EN ALTURA Y DIÁMETRO DE SERBAL**  
**SEGÚN ASOCIACIÓN**

Asociación	Incremento Anual	
	Altura (m/año)	DAP (cm/año)
Puro	0,32 ± 0,01 c	0,37 ± 0,02 b
1	0,36 ± 0,02 bc	0,45 ± 0,03 a
2	0,48 ± 0,03 a	0,52 ± 0,05 a
3	0,34 ± 0,03 bc	0,38 ± 0,06 ab
4	0,32 ± 0,03 c	0,44 ± 0,06 ab
5	0,42 ± 0,03 ab	0,51 ± 0,06 a

**Cuadro N° 6**  
**INDIVIDUOS DE SERBAL SEGÚN CATEGORÍA DE VIGOR Y RECTITUD**  
**SEGÚN ASOCIACIÓN**

Asociación	Vigor (%)		Rectitud (%)	
	Alto	Medio-Bajo	Recto	No recto
Puro	15	85	35	65
1	19	81	44	56
2	33	67	33	67
3	40	60	40	60
4	20	80	20	80
5	0	100	60	40



Izquierda 1 año, centro 5 años en plantación pura y derecha 8 años en asociación con aliso italiano

**Figura N° 4**  
**VISTAS DE ENSAYOS DE PERAL**



Izquierda 2 años, centro 5 años y derecha 8 años

**Figura N° 5**  
**VISTA DE ENSAYOS DE SERBAL**



## DISCUSIÓN

La supervivencia de ambas especies a los diez años de edad, superior al 75%, indicaría que la precordillera de la zona central de Chile es apta para su crecimiento y desarrollo. La resistencia a la sequía de peral (Cedro, 2013) y su carácter heliófilo (Paganová, 2003), le habrían permitido una sobrevivencia mayor, cercana al 95%. El valor obtenidos para serbal (76%) es superior al reportado por Varela *et al.* (2017), quienes en dos temporadas lograron un 50% de supervivencia sin cobertura, e inferiores al 80% obtenidas bajo dosel de *Pinus ponderosa* por los mismos autores y por Bednorz and Nowinska (2017) a los 4 años (87,7%).

En este estudio no se observó incidencia evidente de las precipitaciones y temperaturas sobre el crecimiento de ninguna de las especies principales probadas, a diferencia de Cedro (2013) quien indica que el factor principal que controla el crecimiento diametral en peral corresponde a la precipitación, por lo que el sitio presentaría condiciones climáticas aptas para el desarrollo de ambas especies. De todas maneras, se observó que en todos los años evaluados las precipitaciones superaron 600 mm, aporte hídrico requerido por ambas especies para un desarrollo adecuado, a lo que se suma que en el período estudiado no se produjeron sequías con altas temperaturas que afectaran el crecimiento, como reportado por Cedro and Antkowiak (2016).

El crecimiento en diámetro de peral silvestre, 6,5 mm/año en promedio, es 1,9 veces mayor que el informado por Neri *et al.* (2005), quienes reportaron durante 69 años para *Pyrus domestica* 'Angélica' una media de 3,4 mm; 3,4 veces superior al crecimiento obtenido en Polonia, en Biedrusko (1,9 mm), y 5,9 veces mayor que en Bielinek (1,1 mm) (Cedro and Antkowiak, 2016).

Para serbal, el crecimiento medio en altura fue interesante, 37 cm/año, muy superior a los 5 cm obtenidos por Varela *et al.* (2017) en dos temporadas de crecimiento bajo dosel, y a cerca de 1 cm sin protección; y se encuentra dentro del rango mencionado por Crave, 1985 cit. por Nicolescu *et al.* (2009), quienes señalan que la especie durante los primeros años puede crecer entre 40 a 60 cm por año. No obstante ello, es considerada una especie de crecimiento lento, por lo que se recomienda establecerla en plantaciones mixtas para obtener primero productos de la especie de mayor velocidad de crecimiento y más tarde, madera de calidad del serbal (Varela *et al.*, 2017). El crecimiento diamétrico obtenido, 4,4 cm/año, es muy superior a los 0,8 mm obtenidos por Cedro (2016) en el borde noreste de su distribución natural; a los 0,5 y 1,7 cm/año reportados para diferentes clases diamétricas por Bednorz y Nowinska (2017) en Polonia; y a los 5,6 a 7,4 mm/año reportados por Bastien (1997) cit. por Nicolescu *et al.* (2009) en condiciones de sitio favorables para su desarrollo. Ello puede obedecer a que las condiciones del sitio son aptas para su desarrollo, no presentándose altas temperaturas asociadas a sequía, que afectan negativamente el desarrollo de la especie (Kjorup, 2007).

Serbal es una especie que podría jugar un rol importante en plantaciones mixtas resilientes al cambio climático (Walentowski *et al.*, 2017), dado que creció mejor en la asociación con peral y aliso italiano, y también a que es una especie típica acompañante, que no forma bosques puros y que solo excepcionalmente se encuentra en bosques densos (Bednorz *et al.*, 2012).

Varios estudios han demostrado que especies latifoliadas en plantaciones mixtas podrían alcanzar alturas hasta un 24% mayores que en plantaciones puras (Gabriel *et al.*, 2005), y hasta un 28% en cerezo (*Prunus avium*) (Loewe *et al.*, 2013), en comparación con plantaciones puras, superior a lo observado en este estudio para peral silvestre, en que las diferencias son inferiores, ya que en asociación superan en un 10% a la plantación pura.

Tanto peral como serbal crecieron más en altura cuando se asociaron a aliso italiano, lo que coincide con lo observado en otras asociaciones con especies fijadoras de nitrógeno (Buresti, 1995, cit. por Loewe y González, 2006) donde los valores se elevan 76% y 42% para altura y DAP, respectivamente. En este caso, sin embargo, esto no fue evidente en el crecimiento diamétrico pero sí en altura. De hecho, la asociación con aliso italiano, fijadora de nitrógeno, permitió una altura 57% superior a la condición pura, coincidente con lo indicado por Cutini e Giannini (2009). Según Loewe *et al.* (2013), este efecto podría atribuirse a una combinación de efectos, incluyendo la densidad y presencia de especies fijadoras de nitrógeno.



Los modelos mixtos de cultivo tienen la ventaja de mejorar la calidad de la madera (ramas más delgadas, mejor forma del fuste, anillos más homogéneos), y disminuir riesgos biológicos y económicos respecto a plantaciones puras (Buresti, 1995 cit. por Loewe y González, 2006), lo que se verificó en la asociación 5 (peral, serbal y sauco negro), en la cual más del 60% de los individuos son rectos, mientras que en plantación pura ambas especies presentaron menor proporción de individuos rectos (35%).

Las plantaciones mixtas, si se realizan adecuadamente, permiten diversificar la producción, disminuir los riesgos sanitarios, facilitar las intervenciones culturales (sobre todo podas y limpias), mejorar la calidad de la madera, el paisaje y aumentar la productividad (Buresti, 1994 cit. por Loewe y González, 2006). Es posible lograr una mejor utilización de la luz, del agua y de los nutrientes si las especies asociadas tienen diferentes aparatos radiculares, conformaciones de copa y exigencias nutricionales, reduciéndose la competencia y aumentando el vigor de los individuos, en comparación a una plantación pura de igual densidad (Loewe y González, 2006). Esto es particularmente relevante en el caso del serbal, ya que su intolerancia a la sombra la hace una especie muy competitiva y si no se realizan intervenciones culturales puede incluso morir (Hochbichler, 2003 cit. por Nicolescu *et al.*, 2009).

Como se ha observado en este estudio, las especies acompañantes pueden jugar un rol importante en el cultivo de peral y serbal. Para su correcta selección, es necesario estudiar y combinar las características de crecimiento de las especies acompañantes y principales, así como las condiciones del sitio (Loewe *et al.*, 2013). Adicionalmente, la creación y mantención de bosques de diversas especies es visto como una importante opción para adaptarse a disturbios futuros inciertos, sobre todo abióticos, y también para reducir variaciones temporales del crecimiento, estabilizando la productividad (Bauhus *et al.*, 2017).

## CONCLUSIONES

Peral silvestre es una especie interesante de ser considerada en Chile, debido a que es una de las pocas especies frutales de rápido crecimiento que produce madera de alto valor si es de calidad, con un mercado consolidado y estable en Europa, con precios atractivos. Además, existe una demanda insatisfecha importante por madera de calidad de especies de alto valor, por lo que es posible exportarla. En Chile existen las condiciones ambientales y los conocimientos técnicos para producir esta madera de calidad en rotaciones de 20 a 40 años, la que debería orientarse al mercado europeo. También es factible establecer plantaciones de doble propósito para obtener una troza de calidad de 2-3 m de largo, y formar arriba una copa productiva de fruta, para lo que debe hacerse un injerto en altura. Por esto, representa una alternativa complementaria y económicamente atractiva para agricultores que están plantando o reponiendo huertos de la especie.

El serbal por su parte, es una especie muy apreciada en Alemania y Francia, con un mercado de chapas y parquet atractivo, interesante por sus escasos requerimientos de sitio y por la facilidad de su manejo, debiéndose analizar cuidadosamente la asociación en función de sus características ecológicas.

Ambas especies son aptas para su establecimiento en la zona central de Chile en plantaciones especializadas, recomendándose plantaciones mixtas para producir madera de alto valor.

## RECONOCIMIENTOS

El presente estudio se enmarca en dentro del Convenio de Transferencia con el Ministerio de Agricultura. El establecimiento del ensayo se realizó a través del proyecto "Plantaciones Mixtas, Diversidad, Productividad y Sustentabilidad para el Desarrollo Forestal, financiado por la FIA y con el apoyo del sector privado. Se agradece a la empresa FRUTIFOR S.A. por ceder el terreno para el ensayo y por velar por él durante más de una década.

## REFERENCIAS

- Bauhus, J.; Forrester, D. I.; Gardiner, B.; Jactel, H.; Vallejo, R and Pretzsch, H., 2017.** Ecological stability of mixed-species forests. En: Pretzsch, H., Forrester, D.I., Bauhus, J. (Eds) Mixed Forests. Springer, Berlin, Heidelberg, 337-382.
- Bednorz, L.; Kazmierczak, K. and Kaczmarek, L., 2012.** Analysis of spatial structure and selected measures of growth of *Sorbus torminalis* in Forest District Jamy (northern Poland). *Dendrobiology*, 67:59-65.
- Bednorz, L. and Nowinska, R., 2017.** Analysis of growth of recruits of natural regeneration of *Sorbus torminalis* (L.) Crantz, a rare European forest tree species. *iForest*, 11:72-78.
- Buresti Lattes, E. e Mori, P., 2016.** Progettazione, realizzazione e gestione delle piantagioni da legno policicliche di tipo naturalistico. 112 p.
- Burke, A.; Kageyama, M.; Latombe, G.; Fasel, M.; Vrac, M.; Ramstein, G., and James, P. M., 2017.** Risky business: The impact of climate and climate variability on human population dynamics in Western Europe during the Last Glacial Maximum. *Quaternary Science Reviews*, 164, 217-229.
- Cedro, A., 2013.** Dendrochronological analysis of *Quercus pubescens* and *Pyrus pyraeaster* from the Bielinek Reserve (NW Poland). *Plant Diversity and Evolution*, 130(3-4), 195-202.
- Cedro, A., 2016.** The influence of climatic conditions on the tree-ring width of wild service trees (*Sorbus torminalis* L.) in Wielkopolska. *Forest Research Papers*, 77(2), 117-123.
- Cedro, A. and Antkowiak, W., 2016.** Dendroclimatological Analysis of Wild Pear *Pyrus Pyraeaster* (L.) Burgsd. from Biedrusko Military Area (West Poland), Preliminary Study. *Geochronometria*, 43, 18.
- Coello, J.; Becquey, J.; Gonin, P.; Ortisset, J. P.; Desombre, V.; Baiges, T. y Piqué, M., 2013.** Frondosas productoras de madera de calidad: Ecología y silvicultura de especies para el ámbito pirenaico y regiones limitrofes. Generalitat de Catalunya – Centre de la Propietat Forestal. 60 p.
- Cutini, A. e Giannini, T., 2009.** Effetti della consociazione con *Alnus cordata* sulla funzionalità di impianti di noce commune (*Juglans regia* L.) sottoposti a diradamento. *Forest@* 6: 29-38.
- Demesure-Musch, B. and Oddou-Muratorio, S., 2004.** EUFORGEN. Technical guidelines for genetic conservation and use for wild service tree (*Sorbus torminalis*). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M. y Robledo, C. W., 2015.** InfoStat version 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Gabriel, K.; Blair, I. F. and Mason, W. L., 2005.** Growing broadleaves trees on the North York Moors, results after nearly 50 years. *Quarterly Journal of Forestry*, 99: 21-30.
- Gonin, P.; Larrieu, L.; Coello, J.; Marty, P.; Lestrade, M.; Mecquey, J. y Claessens, H., 2013.** Autoecología de las frondosas nobles. Institut pour le Développement Forestier (IDF), 64 p.
- Gourdji, S. M.; Sibley, A. M. and Lobell, D. B.; 2013.** Global crop exposure to critical high temperatures in the reproductive period: Historical trends and future projections. *Environmental Research Letters* 8:024041
- Hoebee, S. E.; Menn, C.; Rotach, P.; Finkeldey, R. and Holderegger, R., 2006.** Spatial genetic structure of *Sorbus torminalis*: the extent of clonal reproduction in natural stands of a rare tree species with a scattered distribution. *Forest Ecology Management* 226:1-8
- Kausch-Blecken von Smelling, W., 1994.** Die Elsbeere (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz.). Bovenden, Verlag Kausch: 253.
- Kjorup, K., 2007.** Dendroecological analysis of a rare sub-canopy tree: Effects of climate, latitude, habitat conditions and forest history. *Dendrochronologia*, 25: 3-17.
- Loewe, M. V., 2003.** Arboricultura para producción de madera de alto valor. INFOR-FIA, 56 p.
- Loewe, M. V. y González, O. M., 2005.** Madera de peral para productos finos. *Chile Forestal* 311: 47-50.
- Loewe, M. V. y González, O. M., 2006.** Plantaciones Mixtas. Un modelo productivo con potencial para Chile. 299p.

**Loewe, M. V. y González, O. M., 2007.** El ciavardello en el mercado internacional. Chile Forestal 330: 48-51.

**Loewe, M. V.; González, O. M. and Balzarini, M., 2013.** Wild cherry tree (*Prunus avium*) growth in pure and mixed plantations of South America. Forest Ecology and Management, Pp 31-41. Doi10.1016/j.foreco.2013.06.015.

**Mori, P. e Pelleri, F., 2014.** Selvicoltura per le specie arboree sporadiche. 144 p.

**Neri, D.; Urbinati, C.; Savini, G. and Sanchioni, A., 2005.** Age determination and tree-ring growth dynamic in old tree of *Pyrus communis* 'Angelica'. Acta Horticulturae, 671, 623-629.

**Nicolescu, V. N.; Hochbichler, E.; Coello Gomez, J.; Ravagni, S. and Giuliotti, V., 2009.** Ecology and silviculture of wild service tree (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz): A literature review. Die Bodenkultur, 60(3), 35-44.

**O'Neill, B. C.; Oppenheimer, M.; Warren, R.; Hallegatte, S.; Kopp, R. E.; Pörtner, H. O. and Mach, K. J., 2017.** IPCC reasons for concern regarding climate change risks. Nature Climate Change, 7(1), 28-37.

**Paganová, V., 2003.** Wild pear *Pyrus pyraster* (L.) Burgsd. Requirements on environmental conditions. Ekológia (Bratislava), 23.

**Paganová, V., 2007.** Ecology and distribution of *Sorbus torminalis* (L.) Crantz. in Slovakia. Horticultural Science, 34, 138-151.

**Paganová, V., 2008.** Ecological requirements of wild service tree (*Sorbus torminalis* [L.] Crantz.) and service tree (*Sorbus domestica* L.) in relation with their utilization in forestry and landscape. Journal of Forest Science, 54(5), 216-226.

**Pyttel, P.; Kunz, J. and Bauhus, J., 2011.** Age and growth of wild service tree (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz) in former oak coppice forests in southwest Germany. Tree Rings in Archeology, Climatology and Ecology, 9, 64-70.

**Rasmussen, K. K. and Kollmann, J., 2004.** Poor sexual reproduction on the distribution limit of the rare tree *Sorbus torminalis*. Acta Oecol 25:211–218

**Varela, S.; Caballé, G.; Diez, J.; Godoy, M. and Wilems, P., 2017.** Evaluation of plantation and early development of five alternatives to ponderosa pine in silvopastoral systems in northwest Patagonia, Argentina. Agroforest Syst 91: 981-991.

**Walentowski, H.; Falk, W.; Mette, T.; Kunz, T.; Brauning, A.; Meinardus, C.; Zang, C.; Sutcliffe, L. and Leuschner, C., 2017.** Assessing future suitability of tree species under climate change by multiple methods: a c



**SELECCION DE ÁRBOLES PLUS DE CHAÑAR**  
***Geoffroea decorticans* (Gillies ex Hook. & Arn) Burkart**  
**EN BASE A CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS DE CRECIMIENTO Y PRODUCCION FRUTAL**

Gutiérrez, Braulio<sup>4</sup>; Gacitúa, Sandra<sup>5</sup> y Villalobos, Enrique<sup>2</sup>

## RESUMEN

Se describe el proceso de selección de árboles plus de chañar (*Geoffroea decorticans*) con características fenotípicas sobresalientes en cuanto a crecimiento y producción de frutos. Se presenta también la evaluación de esos árboles en función de su superioridad fenotípica y ganancias genéticas esperadas.

Las actividades se efectuaron en tres sectores de la región de Atacama y tuvieron por objeto conformar una primera base de individuos selectos, que en el futuro puedan utilizarse como progenitores en un programa de mejoramiento genético orientado a aumentar la productividad frutal de esta especie.

**Palabras clave:** *Geoffroea decorticans*, árboles plus, mejoramiento genético

## SUMMARY

This paper describes the selecting process of Chañar (*Geoffroea decorticans*) plus trees with outstanding phenotypic characteristics in terms of growth and fruit production. It also presents the evaluation of these trees based on their phenotypic superiority and expected genetic gains.

The activities were carried out in three sectors of the Atacama region and aimed to form a first base of selected individuals, which in the future could be used as parents in a genetic improvement program to increase the fruit productivity of this species.

**Keywords:** *Geoffroea decorticans*, plus trees, breeding.

---

<sup>4</sup> Investigador, Instituto Forestal Sede Bio Bio. braulio.gutierrez@infor.cl

<sup>5</sup> Investigadores, Instituto Forestal Sede Diaguaitas

## INTRODUCCIÓN

El proyecto Antecedentes de Manejo Silvícola-Sanitario para la Producción Sustentable del Fruto del Chañar en la Región de Atacama, desarrollado por el Instituto Forestal (INFOR) con financiamiento del Fondo de Investigación del Bosque Nativo administrado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), contempla dentro de sus objetivos fortalecer el negocio agroalimentario de chañar a través de la selección de material genético de individuos de alta productividad frutal e identificación de áreas potenciales para su repoblamiento. Para tal efecto propone, entre otras acciones, la selección de árboles de chañar que posean características fenotípicas sobresalientes en cuanto a crecimiento y producción de frutos, para poder mantener un *stock* de árboles selectos que en el futuro puedan utilizarse como progenitores (fuentes de semillas o propágulos) en un programa de mejoramiento genético orientado a aumentar la productividad de la especie.

En este trabajo se da cuenta de las labores de selección de árboles *plus*, de la evaluación de los mismos y de la estimación de las ganancias genéticas esperadas al utilizarlos como progenitores en un programa de mejoramiento genético.

En el futuro esta información resultará especialmente valiosa para el establecimiento de ensayos de procedencia-progenie a partir de la preselección de los árboles *plus* con el objetivo de generar huertos semilleros para abastecer de semillas mejoradas a los viveros locales para la producción de plantas que permitan suplementar, enriquecer y masificar con individuos de características fenotípicas selectas de Chañar, en el marco de la Ley 20.283 de fomento a la conservación y manejo del bosque nativo en el país.

En el corto plazo se persigue identificar material genético de mejor calidad (árboles *plus*) para constituir con ellos la base de futuros programas de mejoramiento que permitan incrementar en forma progresiva el rendimiento productivo de chañar.

## OBJETIVOS

Seleccionar arboles candidatos a *plus* de chañar con alta productividad frutal en la región de Atacama.

Evaluar los árboles selectos, calcular sus ganancias genéticas esperadas e identificar a los individuos más apropiados para usarlos en programas de mejoramiento genético.

## ANTECEDENTES

El chañar es un arbusto o árbol pequeño que crece en forma natural desde la provincia de Arica, en los valles de Lluta y Azapa, hasta Combarbalá, en la región de Coquimbo, ocupando sitios de clima seco o con muy escasa precipitación, donde se presenta como ejemplares aislados, o formando pequeños grupos puros y densos (Martínez, 1989, cit por Gutiérrez *et al.*, 2013).

La presencia de grandes árboles adultos es cada vez más escasa debido a las cortas indiscriminadas para la producción de carbon. Su madera es apropiada para trabajos de carpintería y mueblería, pero debido a la escasez de diámetros importantes, solo se usa a nivel local para la confección de muebles rústicos, enseres domésticos, mangos de herramientas y leña. El fruto constituye el principal uso productivo de la especie, ya sea como alimento para ganado caprino, o utilizándolo en la producción de dulces, jarabes o bebidas para consumo humano (Rodríguez *et al.*, 1983, cit por Gutiérrez *et al.*, 2013).

Para ambas utilidades (madera y frutos) existe interés por mejorar su capacidad productiva, especialmente por cuanto el chañar constituye una de las escasas alternativas productivas adaptadas a las adversas condiciones edafoclimáticas imperantes en el norte del país.

En tal sentido, la selección de árboles *plus* es una de las primeras actividades que

permite dar inicio a un programa de mejoramiento genético que permita aumentar la productividad de esta especie. La selección de individuos superiores de chañar es el proceso mediante el cual a partir de una población base dada se escogen los mejores árboles, según los rasgos objeto de mejoramiento, para formar o dar origen a la población de mejoramiento y/o de producción. El objetivo inmediato de la selección es suministrar material para establecer pruebas genéticas (procedencias, progenies, clonales, otras), huertos semilleros de plantas o de semillas, huertos semilleros clonales y coleccionar semilla o material vegetativo.

Estos programas de mejoramiento genético, para ser exitosos deben sustentarse en una base genética amplia, que represente la mayor variabilidad genética posible, y orientarse a obtener la mayor ganancia genética por unidad de tiempo en los caracteres definidos como de interés.

La identificación y selección del árbol de alto rendimiento en cuanto a la variable de interés (madera, frutos, otros), es el inicio y la base fundamental de un programa de mejoramiento genético forestal. La calidad y la rigurosidad de la selección de estos árboles incidirán en la ganancia genética que se alcanzará.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

### **Identificación del Área de Estudio**

Junto con profesionales de CONAF de la región de Atacama se visitaron varios predios con formaciones boscosas de chañar y fueron seleccionados tres predios ubicados en los sectores de Piedra Colgada, Valle Fértil y San Camilo, todos ubicados a lo largo de la caja del río Copiapó. Estos sectores presentaban árboles aislados con alta productividad frutal y sanitariamente vigorosos.

### **Selección Árboles *Plus***

La selección de los árboles *plus* se realizó aplicando el método de los árboles de comparación (Ipinza *et al.*, 2000). El método consiste en la comparación del árbol candidato a *plus* con árboles vecinos, para las características que son objeto del mejoramiento. La comparación se efectuó con respecto a los cinco mejores árboles que existen en la vecindad inmediata que tiene como centro al árbol candidato.

Para la aplicación del método se utiliza un formulario de campo donde se anotan las medidas o puntaje asignados a los árboles de comparación y al árbol candidato. Posteriormente se efectúan los cálculos para obtener el diferencial de selección o el puntaje final que da cuenta de la superioridad del candidato respecto a sus árboles de comparación. Este método tiene la ventaja de que a través de la comparación se elimina el efecto de las diferencias de edad (se comparan árboles coetáneos) y minimiza el efecto de las diferencias de sitio, pues se comparan árboles vecinos que crecen en el mismo micrositio. Como requisito el método requiere que los árboles candidatos y de comparación sean coetáneos, es decir que sean de la misma edad o clase de edad.

Esta metodología permite obtener un diferencial de selección, que se puede interpretar como la ganancia potencial a obtener al seleccionar y utilizar los mejores árboles por fenotipo (Vallejos *et al.*, 2010).

La selección propiamente tal de los árboles candidatos a *plus* y sus respectivos árboles de comparación fue efectuada por una cuadrilla de tres personas, las que formando una línea perpendicular a la dirección de avance, y separados según densidad del bosque de chañar por más o menos 50 m, realizó un barrido completo y sistemático de toda la extensión del rodal.

Ante la presencia de un posible árbol sobresaliente candidato a *plus*, se procedió a revisar el estado sanitario, vigor, copa y producción frutal en todos los planos; analizar su posición social, condición microambiental y competencia; determinar los árboles de comparación; y marcar con cinta al árbol candidato. Si tras este primer análisis en terreno se decide aceptar el árbol como

candidato a *plus*, entonces se le asigna un número correlativo por predio, número marcado con pintura de color rojo en dos caras visibles de su fuste, y se le practican dos anillos de pintura para facilitar su detección en el bosque. Simultáneamente se marca con un anillo de pintura y un número correlativo de 1 a 5 los cinco individuos definidos como árboles de comparación. Posteriormente se procedió a referenciar los árboles con GPS y a registrar la información de caracterización de cada árbol de acuerdo a lo requerido en el formulario de selección:

- **DAP:** Diámetro del fuste a la altura del pecho (1,3 m), de todos los vástagos.
- **Altura total:** Medida con hipsómetro desde la base al ápice de cada árbol.
- **Altura comercial:** Medida con hipsómetro desde la base hasta un punto en el fuste en que es posible hacer utilización de la madera.
- **Diámetro de Copa:** Medido como proyección al suelo en dos direcciones perpendiculares norte-sur y este-oeste.
- **Contabilización del número de vástagos y sus diámetros.**
- **Productividad frutal:** Peso seco en kilogramos de todos los frutos de cada árbol.

### Evaluación Árboles *Plus* y Estimación de Ganancias Genéticas

Con los datos recopilados en terreno se evaluó el porcentaje de superioridad y la ganancia genética estimada, para 76 árboles de chañar seleccionados en rodales naturales, con el objetivo de determinar los más apropiados para incluirlos en programas de mejoramiento genético para biomasa de fuste y producción de frutos. La superioridad fenotípica de todos los árboles seleccionados se calculó utilizando la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Superioridad fenotípica} = 100 \times (VC - VPV) / VPT$$

Donde: VC : Valor observado en el árbol candidato  
VPV: Valor promedio de los árboles vecinos al candidato  
VPT: Valor promedio total (candidato y vecinos)

Cuando el árbol candidato se compara con el promedio de todos los árboles vecinos (incluyendo al candidato) se puede obtener una estimación del diferencial de selección con respecto a todo el rodal, tal como se encuentra en el momento en que se efectúa la selección (Gutiérrez, 2000). El porcentaje de superioridad fenotípica de cada árbol fue calculado para tres variables que se usan para caracterizar atributos de interés de los árboles seleccionados:

- **Indicador de biomasa del fuste ( $D^2H$ ):** Se usó como un indicador de la biomasa de fuste de cada árbol ( $m^3$ ). Más que un valor real de biomasa es un parámetro para comparar entre árboles en función de un atributo que es relevante para la utilización de los mismos. Atendiendo a que en chañar es frecuente el hábito simpódico (árboles con varios fustes o vástagos), se usó como diámetro para calcular el  $D^2H$  el DAP equivalente. Este corresponde al diámetro de la superficie circular determinada por la sumatoria de las superficies circulares asociadas a cada vástago del árbol en evaluación. Como altura se utilizó la altura total medida en terreno.
- **Proyección de copa (PC):** Corresponde a la superficie ( $m^2$ ) de la proyección de copa, calculada en función de los diámetros de copa medidos en terreno. Es un indicador del tamaño de la misma, que resulta de interés para comparar y seleccionar individuos en función del tamaño de sus copas, como referente de la cantidad de frutos que pueden producir.
- **Productividad de frutos (PF):** Corresponde al peso seco (kg) de la totalidad de frutos existentes en cada árbol al momento de su evaluación.



En cuanto a la estimación de las ganancias genéticas esperadas, estas se calcularon para las mismas tres variables anteriores ( $D^2H$ , PC y PF).

Para cada característica la cantidad de variación poblacional y su heredabilidad son fundamentales para estimar la ganancia genética que puede obtenerse por selección.

Al seleccionar individuos superiores en una población se produce una diferencia entre el promedio general ( $\bar{X}_0$ ) y el promedio de la subpoblación seleccionada ( $\bar{X}_p$ ). Esta diferencia corresponde al denominado Diferencial de Selección, normalmente simbolizado por "S" (Figura N° 1).

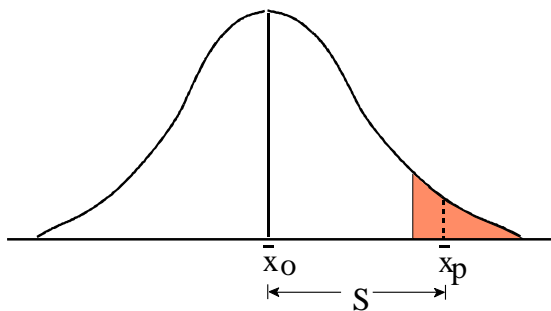


Figura 1  
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL DIFERENCIAL DE SELECCIÓN

Como cada característica tiene una determinada heredabilidad ( $h^2$ ), no todo el diferencial de selección es traspasado a la descendencia. La heredabilidad en sentido estricto es el parámetro que determina qué proporción de la variación es transmisible a la descendencia por vía sexual, de modo que el producto entre ella y el diferencial de selección determina la Ganancia Genética Esperada, en una expresión conocida como ecuación del mejorador (1).

$$(1) \text{ GGE} = S * h^2$$

Considerando que el Diferencial de Selección (S) también puede expresarse en función de la desviación estándar fenotípica de la población ( $\sigma_p$ ) y de la intensidad de selección (i), a través de la expresión (2), entonces la fórmula de la ganancia genética esperada se hace equivalente a la expresión (3), que es la forma más común de expresarla.

$$(2) \text{ S} = i * \sigma_p$$

$$(3) \text{ GGE} = i * \sigma_p * h^2$$

Debido a las características de la distribución normal de la población, existe una relación entre la intensidad de selección (i) y la proporción de los individuos seleccionados dentro de una población.

Así, conociendo la proporción de individuos seleccionados (por ejemplo un árbol cada tantas hectáreas a un espaciamiento determinado) se puede consultar en tablas el área bajo la curva normal y obtener el valor de la intensidad de selección (i).

Tal propiedad hace que la expresión (3) sea especialmente versátil, pues conociendo la desviación estándar fenotípica poblacional (parámetro que puede obtenerse por aplicación de técnicas de muestreo), se puede calcular la ganancia esperada asociada a distintas intensidades de selección, antes de que tal selección se efectúe.

Alternativamente, la intensidad de selección puede variarse para determinar cuántos individuos se deben seleccionar para obtener una ganancia determinada.

Para efectos de determinar las ganancias genéticas esperadas, en este estudio se hizo uso de la ecuación del mejorador (expresión 1) y atendiendo a que no se cuenta con estimaciones de heredabilidad para las variables evaluadas, se hizo una sensibilización de este parámetro asumiendo tres escenarios probables de heredabilidad: alta ( $h^2 = 0,30$ ), media ( $h^2 = 0,15$ ) y baja ( $h^2 = 0,05$ ).

## RESULTADOS

Las características generales de los árboles evaluados se presentan en el Cuadro N° 1, donde se detallan parámetros de estadística descriptiva para las variables relevantes involucradas en los análisis; a su vez estos parámetros se desglosan por localidad y total para cada una de las variables descritas.

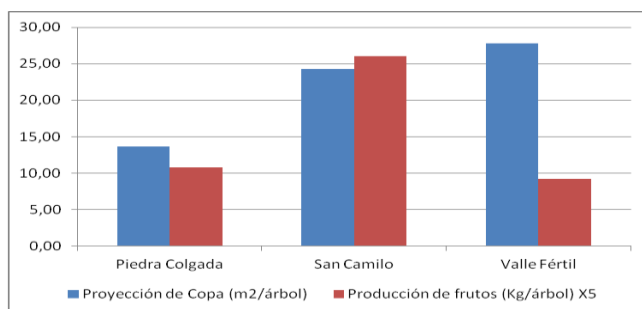
Los mayores valores diamétricos, se encuentran en los árboles de la localidad de Valle Fértil, que a su vez es la que manifiesta el mayor número de vástagos por árbol y proyección de copa, sin embargo y en contra de lo esperado, presenta la menor productividad promedio de frutos.

**Cuadro N° 1**  
**ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVA DE LAS VARIABLES CONSIDERADAS EN LA EVALUACIÓN DE ÁRBOLES SELECTOS DE CHAÑAR**

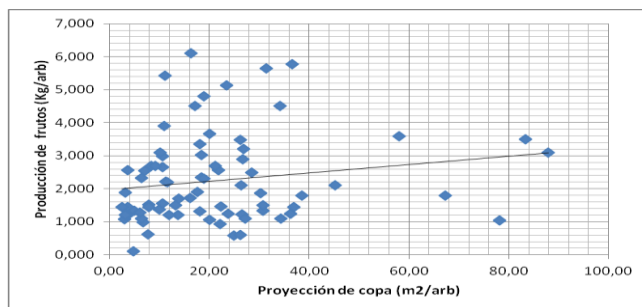
Variable	Localidad	Árboles (N°)	Valor Promedio	Valor Máximo	Valor Mínimo	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)
HT Altura Total (m)	Piedra Colgada	34	4,63	11,90	1,79	1,94	42,00
	Valle Fértil	36	4,00	6,50	1,40	1,22	30,43
	San Camilo	6	3,72	4,76	3,05	0,59	15,76
	<b>Total</b>	<b>76</b>	<b>4,26</b>	<b>11,90</b>	<b>1,40</b>	<b>1,58</b>	<b>37,08</b>
N° de Vástagos	Piedra Colgada	34	2,94	7	1	1,43	48,76
	Valle Fértil	36	4,75	16	1	3,62	76,22
	San Camilo	6	2,50	4	1	1,05	41,95
	<b>Total</b>	<b>76</b>	<b>3,76</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>2,83</b>	<b>75,14</b>
DAP Equivalente (cm)	Piedra Colgada	34	17,38	59,00	5,00	9,98	57,39
	Valle Fértil	36	24,01	38,88	5,50	9,05	37,68
	San Camilo	6	20,13	27,46	15,00	5,33	26,46
	<b>Total</b>	<b>76</b>	<b>20,74</b>	<b>59,00</b>	<b>5,00</b>	<b>9,70</b>	<b>46,78</b>
D <sup>2</sup> H (m <sup>2</sup> )	Piedra Colgada	34	0,2854	4,1424	0,0060	0,72	252,51
	Valle Fértil	36	0,2985	0,7089	0,0058	0,23	76,61
	San Camilo	6	0,1681	0,3295	0,0815	0,11	67,41
	<b>Total</b>	<b>76</b>	<b>0,2823</b>	<b>4,1424</b>	<b>0,0058</b>	<b>0,50</b>	<b>178,83</b>
PC Proyección de Copa (m <sup>2</sup> )	Piedra Colgada	34	13,65	83,32	3,03	14,26	104,49
	Valle Fértil	36	27,83	87,91	2,50	19,47	69,95
	San Camilo	6	24,31	36,53	11,16	9,43	38,79
	<b>Total</b>	<b>76</b>	<b>21,21</b>	<b>87,91</b>	<b>2,50</b>	<b>17,89</b>	<b>84,35</b>
PF Producción de Frutos (kg/árbol)	Piedra Colgada	34	2,15	4,80	0,11	1,14	52,96
	Valle Fértil	36	1,85	3,90	0,59	0,87	46,86
	San Camilo	6	5,21	6,10	3,20	1,04	19,94
	<b>Total</b>	<b>76</b>	<b>2,25</b>	<b>6,10</b>	<b>0,11</b>	<b>1,33</b>	<b>59,26</b>

La mayor altura promedio la exhiben los árboles de la localidad de Piedra Colgada, la que muestra valores intermedios entre las dos localidades restantes en términos de Número de Vástagos, D<sup>2</sup>H y Producción de Frutos; así como los menores valores medios de DAP Equivalente y Proyección de Copa. Por su parte, la mejor productividad de frutos se registra en los árboles de la localidad de San Camilo.

Respecto del comportamiento general de los árboles selectos, se destaca la escasa relación existente entre la productividad de frutos y la envergadura de copa representada por la proyección de la misma. Tal Situación se refleja en la Figura N° 2, donde se grafican los valores promedios de Proyección de Copa y de Productividad de Frutos por árbol en cada localidad (para efectos de usar la misma escala, el valor de productividad de fruto está amplificado X 5). La misma situación se confirma en la Figura N° 3, donde se visualiza la relación entre ambas variables y su reducido coeficiente de determinación  $R^2 = 0,03$



**Figura N° 2**  
**VALORES MEDIOS DE PROYECCIÓN DE COPA Y PRODUCTIVIDAD DE FRUTOS POR LOCALIDAD**



**Figura N° 3**  
**RELACIÓN ENTRE PROYECCIÓN DE COPA Y PRODUCTIVIDAD DE FRUTOS A NIVEL DE ÁRBOLES INDIVIDUALES**

Un segundo factor a resaltar en los árboles analizados es la alta variabilidad que presentan las variables evaluadas, tanto dentro de las localidades como a nivel general. Esta situación queda reflejada en los parámetros de dispersión del Cuadro N° 1 (valores máximos y mínimos, desviación estándar y coeficiente de variación) y corresponde a un escenario esperado al realizar selección masal en rodales naturales, donde no hay garantías de coetaneidad de los árboles. Por lo mismo, las diferencias de edad entre ellos agregan variabilidad que dificulta la selección.

En cuanto a la estimación del porcentaje de superioridad fenotípica y de las ganancias genéticas esperadas, los resultados se presentan en el Cuadro N° 2. En el cuadro se presenta un ranking con los 76 árboles evaluados, ordenados en función de la superioridad combinada manifestada en D<sup>2</sup>H, Proyección de Copa y Productividad de Frutos, la que se obtuvo como promedio simple de las superioridades expresadas en cada una de las variables anteriores en forma individual. En el mismo cuadro se agregan, para cada árbol, las ganancias genéticas esperadas para cada una de las variables en evaluación en los escenarios de heredabilidad media y baja.

En esta evaluación se destaca como primer árbol del *ranking*, al individuo N° 3 del cuartel N° 3 de la localidad de Valle Fértil, el cual manifiesta un porcentaje de superioridad fenotípica considerablemente mayor al de todos los individuos restantes (232,1%). Este alto valor se deriva fundamentalmente del efecto de su gran envergadura (y posiblemente mayor edad) en relación a sus árboles de comparación, lo cual tiene una gran incidencia sobre la superioridad expresada en el D<sup>2</sup>H y la Proyección de Copa. Existen 28 árboles con porcentajes de superioridad fenotípica mayor que cero, de los cuales 15 expresan valores conjuntos superiores al 50%.

A nivel de variables individuales no existe necesariamente coincidencia en la magnitud de la superioridad. Es decir, árboles que se destacan en D<sup>2</sup>H no necesariamente lo hacen en productividad de frutos. En efecto, el segundo árbol del *ranking* por su valor combinado, presenta altos niveles de superioridad en D<sup>2</sup>H y Proyección de Copa, pero un valor negativo en Producción de Frutos.

Las situaciones inversas o recíprocas también son comunes. Por lo mismo, aunque solo 15 árboles presentan superioridad combinada mayor a 50%, hay numerosos otros individuos que aún con baja superioridad combinada presentan, a nivel de variables independientes, porcentajes de superioridad interesantes que se reflejan en estimativas de ganancia genética que aconsejan su consideración.

En tal sentido la información generada resulta de valor para apoyar la selección de los árboles que se incorporen a un programa de mejoramiento genético, por cuanto permite hacer otros ordenamientos en función de cada variable, para seleccionar líneas de mejora independientes para biomasa o producción de frutos, o implementar otros criterios de selección.

Por ejemplo, se puede priorizar a los árboles de mayor productividad de frutos y posteriormente, entre ellos, seleccionar en tándem en función de D<sup>2</sup>H. Esa y todas las demás combinaciones posibles pueden implementarse en función de los datos presentados en el Cuadro N° 2.

**Cuadro N° 2**  
**SUPERIORIDAD FENOTÍPICA EN D<sup>2</sup>H, PROYECCIÓN DE COPA (PC) Y PRODUCTIVIDAD DE FRUTOS (PF),**  
**ORDENADA EN FUNCIÓN DE LA SUPERIORIDAD COMBINADA PARA LAS TRES VARIABLES**

Ranking	Identificación Candidato			Variables			Superioridad Fenotípica (%)			
	Sector-Cuartel-Árbol <sup>(1)</sup>	D <sup>2</sup> H (m <sup>3</sup> )	PC (m <sup>2</sup> )	PF (Kg/árbol)	D <sup>2</sup> H (m <sup>3</sup> )	PC (m <sup>2</sup> )	PF (Kg/árbol)	Comb.		
1	V. Fértil 3	3-0	0,7089	87,91	3,100	347,8	324,4	24,0	232,1	
2	P. Colgada 6	6-0	4,1424	83,32	3,500	168,7	130,5	-9,7	96,5	
3	V. Fértil 4	4-0	0,3361	45,19	2,100	112,8	87,0	77,7	92,5	
4	V. Fértil 1	1-0	0,2256	26,28	3,480	97,3	64,1	74,3	78,5	
5	P. Colgada 5	5-0	0,3246	20,07	3,660	116,3	70,3	45,3	77,3	
6	P. Colgada 2	2-0	0,2885	21,81	2,570	92,1	73,8	57,4	74,4	
7	P. Colgada 4	4-0	0,1660	16,12	1,715	140,3	60,0	-8,8	63,9	
8	P. Colgada 5	5-4	0,2489	17,09	4,500	65,9	45,0	78,7	63,2	
9	P. Colgada 2	2-5	0,3807	22,10	0,925	153,4	76,1	-43,3	62,1	
10	V. Fértil 6	6-2	0,7000	58,09	3,600	57,5	66,7	50,0	58,1	
11	P. Colgada 3	3-0	0,2334	21,24	2,690	77,3	86,8	8,0	57,3	
12	P. Colgada 4	4-1	0,0847	18,40	3,025	22,6	82,7	60,9	55,4	

Ranking	Identificación Candidato		Variables			Superioridad Fenotípica (%)			
	Sector-Cuartel-Árbol <sup>(1)</sup>		D <sup>2</sup> H (m <sup>3</sup> )	PC (m <sup>2</sup> )	PF (Kg/árbol)	D <sup>2</sup> H (m <sup>3</sup> )	PC (m <sup>2</sup> )	PF (Kg/árbol)	Comb.
13	V. Fértil	2 2-1	0,6592	78,15	1,050	89,4	97,9	-21,4	55,3
14	P. Colgada	1 1-1	0,1752	9,93	1,365	98,7	33,3	25,6	52,5
15	S. Camilo	1 1-3	0,3295	36,53	5,780	96,0	50,3	10,9	52,4
16	V. Fértil	5 5-5	0,5901	67,20	1,800	3,9	111,6	7,4	41,0
17	P. Colgada	2 2-2	0,1894	18,44	2,350	26,1	46,9	44,0	39,0
18	S. Camilo	1 1-5	0,2971	31,42	5,650	76,7	29,3	8,4	38,1
19	V. Fértil	1 1-4	0,2183	17,53	1,900	90,9	9,4	-4,8	31,8
20	P. Colgada	1 1-0	0,1105	7,92	1,525	25,3	6,3	40,3	24,0
21	V. Fértil	5 5-1	0,5252	18,10	3,360	-7,5	-43,0	100,4	16,6
22	P. Colgada	3 3-2	0,1986	11,34	2,210	50,8	-0,3	-11,3	13,1
23	P. Colgada	1 1-5	0,0390	10,61	1,560	-55,8	42,4	43,5	10,1
24	V. Fértil	2 2-5	0,4861	30,68	1,340	39,7	-22,3	0,2	5,9
25	P. Colgada	4 4-3	0,0776	13,72	1,200	12,3	36,3	-36,2	4,1
26	V. Fértil	6 6-0	0,5498	38,48	1,800	23,7	10,5	-25,0	3,1
27	V. Fértil	4 4-2	0,2361	26,28	0,600	49,5	8,8	-49,2	3,0
28	P. Colgada	3 3-1	0,1264	10,61	2,980	-4,0	-6,7	19,6	3,0
29	V. Fértil	4 4-5	0,1309	22,40	1,460	-17,1	-7,3	23,6	-0,3
30	V. Fértil	1 1-3	0,0748	18,90	2,300	-34,6	17,9	15,2	-0,5
31	P. Colgada	6 6-2	1,3429	34,11	4,500	-12,9	-5,7	16,1	-0,8
32	V. Fértil	2 2-0	0,2568	30,34	1,860	-26,2	-23,2	39,2	-3,4
33	V. Fértil	5 5-0	0,5467	36,32	1,240	-3,7	14,3	-26,0	-5,1
34	V. Fértil	2 2-3	0,2846	36,85	1,450	-18,2	-6,7	8,5	-5,5
35	P. Colgada	5 5-3	0,1057	10,15	3,100	-29,5	-13,9	23,1	-6,8
36	V. Fértil	5 5-4	0,6983	27,11	1,100	23,0	-14,7	-34,4	-8,7
37	V. Fértil	1 1-2	0,1137	13,85	1,700	-0,6	-13,5	-14,9	-9,6
38	V. Fértil	6 6-3	0,4411	26,42	2,100	-0,8	-24,2	-12,5	-12,5
39	V. Fértil	6 6-1	0,3360	28,56	2,500	-24,4	-18,0	4,2	-12,8
40	S. Camilo	1 1-4	0,1092	23,50	5,125	-35,0	-3,3	-1,7	-13,3
41	P. Colgada	3 3-4	0,0905	11,61	2,200	-31,3	2,1	-11,7	-13,6
42	V. Fértil	4 4-3	0,1322	20,07	1,060	-16,3	-16,9	-10,3	-14,5
43	V. Fértil	6 6-4	0,4248	30,83	1,500	-4,4	-11,5	-37,5	-17,8
44	V. Fértil	6 6-5	0,2153	26,65	2,900	-51,6	-23,5	20,8	-18,1
45	S. Camilo	1 1-0	0,1031	16,30	6,100	-38,7	-33,0	17,0	-18,2
46	V. Fértil	5 5-3	0,5483	23,76	1,240	-3,4	-25,2	-26,0	-18,2
47	V. Fértil	3 3-5	0,0569	10,93	3,900	-64,1	-47,3	56,0	-18,4
48	P. Colgada	5 5-1	0,1342	12,01	1,200	-10,6	1,9	-52,3	-20,4
49	V. Fértil	3 3-1	0,1224	10,69	2,650	-22,7	-48,4	6,0	-21,7
50	V. Fértil	2 2-2	0,2272	34,37	1,100	-34,7	-13,0	-17,7	-21,8
51	P. Colgada	1 1-2	0,1351	4,73	0,111	53,2	-36,4	-89,8	-24,3
52	P. Colgada	3 3-5	0,0985	6,38	2,325	-25,2	-43,9	-6,7	-25,3
53	V. Fértil	5 5-2	0,4974	18,10	1,320	-12,4	-43,0	-21,3	-25,6
54	S. Camilo	1 1-1	0,0815	26,92	3,200	-51,6	10,8	-38,6	-26,5
55	P. Colgada	4 4-2	0,0324	3,60	2,560	-53,0	-64,3	36,2	-27,0
56	P. Colgada	1 1-4	0,0473	7,65	0,615	-46,4	2,7	-43,4	-29,0
57	V. Fértil	2 2-4	0,1740	26,56	1,220	-50,0	-32,7	-8,7	-30,5
58	S. Camilo	1 1-2	0,0885	11,16	5,420	-47,4	-54,1	4,0	-32,5
59	P. Colgada	6 6-1	0,3785	18,90	4,800	-75,5	-47,7	23,9	-33,1
60	P. Colgada	1 1-3	0,0220	3,85	1,345	-75,0	-48,3	23,8	-33,2
61	V. Fértil	1 1-1	0,0480	13,20	1,500	-58,0	-17,6	-24,9	-33,5
62	V. Fértil	4 4-1	0,0733	24,98	0,585	-53,6	3,4	-50,5	-33,6
63	P. Colgada	3 3-3	0,0426	7,05	2,545	-67,6	-38,0	2,1	-34,5
64	P. Colgada	5 5-2	0,0746	7,79	1,450	-50,3	-33,9	-42,4	-42,2
65	V. Fértil	3 3-3	0,0275	9,11	2,700	-82,6	-56,0	8,0	-43,6
66	P. Colgada	4 4-5	0,0267	5,01	1,330	-61,3	-50,3	-29,3	-47,0
67	V. Fértil	4 4-4	0,0390	6,07	1,285	-75,3	-74,9	8,7	-47,1
68	P. Colgada	2 2-3	0,0181	3,16	1,890	-87,9	-74,8	15,8	-49,0
69	P. Colgada	4 4-4	0,0270	3,58	1,450	-60,9	-64,5	-22,9	-49,4
70	P. Colgada	2 2-4	0,0185	6,77	0,980	-87,7	-46,1	-40,0	-57,9

Ranking	Identificación Candidato			Variables			Superioridad Fenotípica (%)			
	Sector-Cuartel-Árbol <sup>(1)</sup>			D <sup>2</sup> H (m <sup>3</sup> )	PC (m <sup>2</sup> )	PF (Kg/árbol)	D <sup>2</sup> H (m <sup>3</sup> )	PC (m <sup>2</sup> )	PF (Kg/árbol)	Comb.
71	P. Colgada	6	6-3	0,3035	8,30	2,700	-80,3	-77,1	-30,3	-62,6
72	V. Fértil	1	1-5	0,0058	6,36	1,100	-94,9	-60,3	-44,9	-66,7
73	P. Colgada	2	2-1	0,0060	3,03	1,080	-96,0	-75,8	-33,8	-68,6
74	P. Colgada	5	5-5	0,0124	3,60	1,200	-91,7	-69,5	-52,3	-71,2
75	V. Fértil	3	3-2	0,0261	3,16	1,200	-83,5	-84,8	-52,0	-73,4
76	V. Fértil	3	3-4	0,0080	2,50	1,450	-95,0	-87,9	-42,0	-75,0

(1) Interpretación del ranking: Ej, Sector Piedra Colgada, Cuartel 5, árbol seleccionado N° 5 se ubica en lugar 5 del ranking y árbol acompañante N° 4 del mismo árbol seleccionado N° 5 se ubica en lugar 8 del ranking.

**Cuadro N° 3**  
GANANCIAS GENÉTICAS ESPERADAS EN DOS ESCENARIOS DE HEREDABILIDAD, ORDENADO EN FUNCIÓN DE LA SUPERIORIDAD FENOTÍPICA COMBINADA DEL CUADRO ANTERIOR

Ranking	Identificación Candidato			Ganancias Genéticas Esperadas (%)					
				(h <sup>2</sup> = 0,05)			(h <sup>2</sup> = 0,15)		
	Sector-Cuartel-Árbol			D <sup>2</sup> H (m <sup>3</sup> )	PC (m <sup>2</sup> )	PF (Kg/árbol)	D <sup>2</sup> H (m <sup>3</sup> )	PC (m <sup>2</sup> )	PF (Kg/árbol)
1	V. Fértil	3	3-0	17,39	16,22	1,20	52,18	48,65	3,60
2	P. Colgada	6	6-0	8,43	6,52	-0,48	25,30	19,57	-1,45
3	V. Fértil	4	4-0	5,64	4,35	3,89	16,92	13,05	11,66
4	V. Fértil	1	1-0	4,86	3,20	3,71	14,59	9,61	11,14
5	P. Colgada	5	5-0	5,81	3,51	2,27	17,44	10,54	6,80
6	P. Colgada	2	2-0	4,60	3,69	2,87	13,81	11,07	8,61
7	P. Colgada	4	4-0	7,02	3,00	-0,44	21,05	9,01	-1,32
8	P. Colgada	5	5-4	3,29	2,25	3,93	9,88	6,76	11,80
9	P. Colgada	2	2-5	7,67	3,81	-2,17	23,01	11,42	-6,50
10	V. Fértil	6	6-2	2,87	3,34	2,50	8,62	10,01	7,50
11	P. Colgada	3	3-0	3,86	4,34	0,40	11,59	13,02	1,19
12	P. Colgada	4	4-1	1,13	4,13	3,05	3,40	12,40	9,14
13	V. Fértil	2	2-1	4,47	4,89	-1,07	13,41	14,68	-3,22
14	P. Colgada	1	1-1	4,94	1,66	1,28	14,81	4,99	3,84
15	S. Camilo	1	1-3	4,80	2,51	0,54	14,40	7,54	1,63
16	V. Fértil	5	5-5	0,20	5,58	0,37	0,59	16,74	1,10
17	P. Colgada	2	2-2	1,31	2,34	2,20	3,92	7,03	6,59
18	S. Camilo	1	1-5	3,83	1,46	0,42	11,50	4,39	1,26
19	V. Fértil	1	1-4	4,54	0,47	-0,24	13,63	1,42	-0,73
20	P. Colgada	1	1-0	1,26	0,32	2,02	3,79	0,95	6,05
21	V. Fértil	5	5-1	-0,37	-2,15	5,02	-1,12	-6,45	15,06
22	P. Colgada	3	3-2	2,54	-0,01	-0,57	7,63	-0,04	-1,70
23	P. Colgada	1	1-5	-2,79	2,12	2,18	-8,37	6,37	6,53
24	V. Fértil	2	2-5	1,98	-1,12	0,01	5,95	-3,35	0,04
25	P. Colgada	4	4-3	0,62	1,81	-1,81	1,85	5,44	-5,43
26	V. Fértil	6	6-0	1,18	0,52	-1,25	3,55	1,57	-3,75
27	V. Fértil	4	4-2	2,48	0,44	-2,46	7,43	1,32	-7,38
28	P. Colgada	3	3-1	-0,20	-0,34	0,98	-0,60	-1,01	2,94
29	V. Fértil	4	4-5	-0,86	-0,37	1,18	-2,57	-1,10	3,53
30	V. Fértil	1	1-3	-1,73	0,90	0,76	-5,19	2,69	2,28
31	P. Colgada	6	6-2	-0,65	-0,28	0,81	-1,94	-0,85	2,42
32	V. Fértil	2	2-0	-1,31	-1,16	1,96	-3,93	-3,48	5,87
33	V. Fértil	5	5-0	-0,19	0,72	-1,30	-0,56	2,15	-3,91
34	V. Fértil	2	2-3	-0,91	-0,33	0,42	-2,73	-1,00	1,27
35	P. Colgada	5	5-3	-1,48	-0,69	1,15	-4,43	-2,08	3,46
36	V. Fértil	5	5-4	1,15	-0,73	-1,72	3,45	-2,20	-5,16
37	V. Fértil	1	1-2	-0,03	-0,68	-0,74	-0,08	-2,03	-2,23
38	V. Fértil	6	6-3	-0,04	-1,21	-0,63	-0,11	-3,62	-1,88
39	V. Fértil	6	6-1	-1,22	-0,90	0,21	-3,66	-2,70	0,63

Ranking	Identificación Candidato		Ganancias Genéticas Esperadas (%)						
			$(h^2 = 0,05)$			$(h^2 = 0,15)$			
			D <sup>2</sup> H (m <sup>3</sup> )	PC (m <sup>2</sup> )	PF (Kg/árbol)	D <sup>2</sup> H (m <sup>3</sup> )	PC (m <sup>2</sup> )	PF (Kg/árbol)	
Sector-Cuartel-Árbol									
40	S. Camilo	1	1-4	-1,75	-0,17	-0,08	-5,25	-0,50	-0,25
41	P. Colgada	3	3-4	-1,56	0,11	-0,59	-4,69	0,32	-1,76
42	V. Fértil	4	4-3	-0,82	-0,85	-0,51	-2,45	-2,54	-1,54
43	V. Fértil	6	6-4	-0,22	-0,58	-1,88	-0,67	-1,73	-5,63
44	V. Fértil	6	6-5	-2,58	-1,18	1,04	-7,73	-3,53	3,13
45	S. Camilo	1	1-0	-1,93	-1,65	0,85	-5,80	-4,94	2,55
46	V. Fértil	5	5-3	-0,17	-1,26	-1,30	-0,51	-3,78	-3,91
47	V. Fértil	3	3-5	-3,20	-2,36	2,80	-9,61	-7,09	8,40
48	P. Colgada	5	5-1	-0,53	0,09	-2,62	-1,59	0,28	-7,85
49	V. Fértil	3	3-1	-1,13	-2,42	0,30	-3,40	-7,26	0,90
50	V. Fértil	2	2-2	-1,74	-0,65	-0,89	-5,21	-1,95	-2,66
51	P. Colgada	1	1-2	2,66	-1,82	-4,49	7,98	-5,47	-13,47
52	P. Colgada	3	3-5	-1,26	-2,19	-0,33	-3,78	-6,58	-1,00
53	V. Fértil	5	5-2	-0,62	-2,15	-1,06	-1,86	-6,45	-3,19
54	S. Camilo	1	1-1	-2,58	0,54	-1,93	-7,73	1,62	-5,79
55	P. Colgada	4	4-2	-2,65	-3,21	1,81	-7,95	-9,64	5,43
56	P. Colgada	1	1-4	-2,32	0,13	-2,17	-6,96	0,40	-6,51
57	V. Fértil	2	2-4	-2,50	-1,64	-0,44	-7,50	-4,91	-1,31
58	S. Camilo	1	1-2	-2,37	-2,70	0,20	-7,11	-8,11	0,60
59	P. Colgada	6	6-1	-3,77	-2,39	1,19	-11,32	-7,16	3,58
60	P. Colgada	1	1-3	-3,75	-2,41	1,19	-11,25	-7,24	3,56
61	V. Fértil	1	1-1	-2,90	-0,88	-1,24	-8,70	-2,64	-3,73
62	V. Fértil	4	4-1	-2,68	0,17	-2,52	-8,03	0,51	-7,57
63	P. Colgada	3	3-3	-3,38	-1,90	0,11	-10,14	-5,71	0,32
64	P. Colgada	5	5-2	-2,51	-1,69	-2,12	-7,54	-5,08	-6,36
65	V. Fértil	3	3-3	-4,13	-2,80	0,40	-12,40	-8,41	1,20
66	P. Colgada	4	4-5	-3,07	-2,51	-1,46	-9,20	-7,54	-4,39
67	V. Fértil	4	4-4	-3,77	-3,74	0,44	-11,30	-11,23	1,31
68	P. Colgada	2	2-3	-4,40	-3,74	0,79	-13,19	-11,23	2,37
69	P. Colgada	4	4-4	-3,05	-3,22	-1,14	-9,14	-9,67	-3,43
70	P. Colgada	2	2-4	-4,38	-2,30	-2,00	-13,15	-6,91	-6,00
71	P. Colgada	6	6-3	-4,02	-3,85	-1,52	-12,05	-11,56	-4,55
72	V. Fértil	1	1-5	-4,75	-3,02	-2,25	-14,24	-9,05	-6,74
73	P. Colgada	2	2-1	-4,80	-3,79	-1,69	-14,40	-11,38	-5,08
74	P. Colgada	5	5-5	-4,59	-3,47	-2,62	-13,76	-10,42	-7,85
75	V. Fértil	3	3-2	-4,17	-4,24	-2,60	-12,52	-12,71	-7,80
76	V. Fértil	3	3-4	-4,75	-4,40	-2,10	-14,24	-13,19	-6,30

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La evaluación efectuada permite discriminar de entre los 76 árboles evaluados (candidatos y árboles de comparación) a los que presentan mejores expectativas para considerarlos como progenitores en un programa de mejoramiento genético, o como fuente directa de germoplasma para producir plantas con algún nivel de mejoramiento en variables de interés para la utilización de chañar.

Debe sin embargo considerarse que los criterios de selección y evaluación utilizados se basan en supuestos de homogeneidad de sitio y coetaneidad entre los árboles, de modo que las diferencias entre ellos puedan atribuirse a componentes genéticos. El supuesto de homogeneidad ambiental puede considerarse cumplido, por cuanto en el método de selección empleado (árboles de comparación) las comparaciones se efectúan entre candidatos y vecinos que ocupan un mismo micrositio, es decir que se encuentran próximos entre sí, compartiendo la misma condición ambiental. No obstante, el requisito de coetaneidad puede ser menos riguroso, lo que determinaría que algunas diferencias de tamaño y producción de frutos obedezcan más a la diferencia de edad entre los árboles que a la regulación genética.

Como quiera que sea, esta incertidumbre es común en los inicios de los programas de mejoramiento, al efectuar selecciones masales en bosques naturales. En lo sucesivo, en la medida que se disponga de ensayos de progenies de los árboles ahora escogidos, podrán hacerse selecciones de segunda generación sobre sus hijos, las que resultarán más confiables. Estos mismos ensayos serán necesarios para estimar valores reales de heredabilidad, la cual requiere ensayos con estructura familiar conocida y diseños adecuados para poder estimarla.

Esas tres condiciones del ensayo de progenies; coetaneidad, homogeneidad ambiental y estructura familiar conocida, permitirán selecciones más robustas y con criterio genético en base a valores de mejora (*breeding value*) estimados por técnicas de genética cuantitativa.

El ensayo servirá también para estimar la heredabilidad y con ella calcular la ganancia genética esperada para las selecciones de segunda generación; esto representa un gran avance respecto al análisis actual el cual estima ganancias esperadas asumiendo valores probables de heredabilidad, pero sin conocerla. Por último el ensayo también permitirá calcular la ganancia genética real o lograda de los árboles ahora escogidos, parámetro más confiable que la ganancia esperada que se puede estimar en esta fase inicial del programa.

## REFERENCIAS

**Gutiérrez, B., 2000.** Ganancias Genéticas Esperadas para Poblaciones de Producción de Primera Generación de *Nothofagus*. En: Ipinza, R.; Gutiérrez, B. y Emhart, V. (eds.) Domesticación y Mejora Genética de Raulí y Roble. Universidad Austral de Chile-Instituto Forestal. Pp: 391-402.

**Gutiérrez, B.; Gacitúa, S.; Perret, S.; Sandoval, A. y Curimil, M., 2013.** Propagación de Especies Forestales Nativas de las Zonas Áridas y Semiáridas de Chile. Instituto Forestal. Manual N° 47. Santiago, Chile. 142 p.

**Ipinza, R.; Bello, A.; y Navarrete, M., 2000.** Selección de Árboles *Plus* de *Nothofagus alpina* y *N. obliqua*. En: Ipinza, R.; Gutiérrez, B. y Emhart, V. (Eds.) Domesticación y Mejora Genética de Raulí y Roble. Universidad Austral de Chile-Instituto Forestal. Pp: 237-256.

**Vallejos, J; Badilla, Y., Picado, F. y Murillo, O., 2010.** Metodología para la Selección e Incorporación de Árboles *Plus* en Programas de Mejoramiento Genético Forestal. Agronomía Costarricense 34(1): 105-119.



# ESTRATEGIA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO PARA LA UTILIZACIÓN DE *Eucalyptus nitens* COMO MADERA SÓLIDA. AVANCES EN LA SELECCIÓN DE ÁRBOLES

Molina, María Paz<sup>6</sup>; Ipinza, Roberto<sup>7</sup>; Gutiérrez, Braulio<sup>6</sup>; Emhart, Verónica<sup>8</sup> y Borralho, Nuno<sup>9</sup>

## RESUMEN

*Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden es una especie de rápido crecimiento originaria del sudeste australiano y de alto interés para el sector forestal chileno, por cuanto constituye una alternativa a *Eucalyptus globulus* Labill., especialmente en las zonas en que esta última especie se ve limitada por el frío.

La especie fue introducida al país por el Instituto Forestal (INFOR) en los años 60 del siglo pasado y hoy existen alrededor de 255.000 ha (INFOR, 2015) de plantaciones establecidas en su gran mayoría para la producción de pulpa. Es la tercera especie más empleada en las plantaciones forestales chilenas, después de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, y es la especie forestal de mayor tasa de crecimiento en Chile, reportándose producciones sobre 400 m<sup>3</sup>/ha a los 8 años.

Considerando el potencial de la especie INFOR, en conjunto con el Grupo Pro Nitens (Asociación de Pequeños y Medianos Propietarios Forestales) y Forestal Mininco (Empresa de la Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones CMPC SA), han elaborado una estrategia de mejoramiento genético para la producción de madera sólida orientada a dar sostenibilidad a la pyme forestal.

Dentro de las limitaciones de la especie para este uso se han detectados altas tensiones de crecimiento que no permiten un aprovechamiento eficiente de su madera. Con este fin se implementó una metodología no destructiva para la selección de árboles con menores tensiones de crecimiento, para lo cual se cuenta ya con un huerto clonal y se ha iniciado el establecimiento de ensayos de progenies. Se utilizó como base de selección los ensayos genéticos establecidos desde 1990 que incluyen orígenes de toda la distribución natural de la especie en Australia.

Se consideró en una primera fase las evaluaciones genético-productivas derivadas de estos ensayos enfatizando volumen, densidad de la madera y el contenido de lignina. Este último factor, como un indicador de la mayor o menor incidencia de tensiones de crecimiento (Baillères *et al.*, 1995). El contenido de lignina de los árboles seleccionados se evaluó con mediciones obtenidas por metodología NIR (espectrometría de infrarrojo cercano), previo desarrollo de una curva de correlación entre el contenido de lignina en la madera y las tensiones de crecimiento.

**Palabras clave:** *Eucalyptus nitens*, mejoramiento genético, tensiones, crecimiento, lignina, NIR

---

<sup>6</sup> Instituto Forestal, INFOR, Sede Bio Bio, Concepción, Chile mmolina@infor.cl

<sup>7</sup> Instituto Forestal, INFOR, Sede Los Ríos, Valdivia, Chile

<sup>8</sup> Forestal Mininco, Los Ángeles, Chile

<sup>9</sup> RAIZ Forest and Paper Research Institute, Aveiro, Portugal

## SUMMARY

*Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden is a fast growing species, native to the Australian SE, of a high interest to the Chilean Forestry sector being an alternative to *Eucalyptus globulus* Labill., especially in zones where *E. globulus* growth is limited by site frost conditions.

The species was introduced to the country during the 60 of the past century by the Chilean Forestry Institute (INFOR) and nowadays there are about 250.000 ha of planted forests established mainly for pulpwood production. *Eucalyptus nitens* is the third species in Chilean planted forests after *Pinus radiata* and *Eucalyptus globulus* and is the forest species with the higher growth rate in the country. Yields over than 400 m<sup>3</sup>/ha in 8 years old plantations have been reported.

Due to the species potential, INFOR, together with the Pro Nitens Group (small and medium forest owners association) and Forestal Mininco (one of the main private forest company in the country), has elaborated a genetic improvement strategy focused on solid wood production in order to give sustainability to the forest SME.

Among some limitations of the species to use it for solid wood production have been detected strong growing stresses which do no allow an efficient wood utilization. Due to this limitation, a non destructive methodology to select trees with lower stresses was implemented and already is established a clonal orchard, and progeny trials installation has started. As selection basis, genetic trials stablished since 1990, including provenances from the whole species natural distribution in Australia, were used.

In a first stage, genetic and productive evaluations of these trials with emphasis on volume, wood density and lignin contents are considered. The last factor as an higher or lower growing stresses indicator. The selected trees lignin contents was evaluated trough the NIR (Near Infrared) methodology after the development of a correlation curve wood lignin contents-growth stresses.

**Key words:** *Eucalyptus nitens*, genetic improvement, growth stresses, lignin contents, NIR.

## INTRODUCCIÓN

*Eucalyptus nitens* es una especie que se adapta a las condiciones de Chile y que exhibe una de las más altas productividades observadas en *Eucalyptus* en el mundo. La especie tiene además excelente forma y sanidad. La mayoría de sus plantaciones se destinan a la producción de madera para celulosa, sin embargo, hoy en día existe la posibilidad de aprovechar una parte de este recurso forestal para producción de madera sólida para la industria del aserrío y chapas. Eso es particularmente relevante en el caso de regiones en que las elevadas distancias a las plantas de celulosa desvalorizan significativamente el precio de la madera en pie para pequeños y medianos propietarios. A su vez el uso de esta especie se constituiría en una alternativa importante al uso de madera de bosque nativo como madera país para el abastecimiento de la pequeña y mediana industria forestal.

La utilización para aserrado o laminado de madera de *Eucalyptus* en general y de *E. nitens* en particular, aunque bien desarrollada en el mundo, se ve afectada por la ocurrencia de tensiones de crecimiento e inestabilidad dimensional que afectan el rendimiento industrial y la rentabilidad del proceso, degradando la calidad del producto final (Biechele *et al.*, 2009).

Existen diversos enfoques para hacer frente a estos inconvenientes, siendo el mejoramiento genético, mediante la adecuada selección de árboles con baja incidencia de tensiones de crecimiento, la opción adoptada en esta estrategia para mejorar eficientemente la calidad de la madera. En efecto, existe suficiente variación en las poblaciones de mejoramiento en Chile para lograr cambios significativos en la incidencia de rajaduras y las propiedades mecánicas de la madera de *E. nitens*, y estas características poseen una relativamente alta heredabilidad y control genético, situación que las hace adecuadas para mejorarlas por esta vía, permitiendo el desarrollo de una línea específica de mejoramiento para las características de calidad de aserrado, y posibilitando la disponibilidad de semilla mejorada para propietarios forestales que deseen establecer rodales para producción de madera sólida, con baja incidencia de rajaduras y defectos asociados a las tensiones de crecimiento.

Dentro de los factores que determinan el grado de tensiones de crecimiento se encuentran las características intrínsecas del crecimiento natural de los árboles, que pueden ocurrir tanto en latifoliadas como en coníferas (Jacobs, 1945; cit por Lima, 2005), tales como crecimiento de las células cambiales, la maduración de las fibras (Touza, 2001) y el contenido de celulosa, hemicelulosa o lignina, aunque este puede ser una consecuencia de las tensiones de crecimiento (Ona *et al.*, 1995).

En el caso específico de la lignina, cabe recordar que se concentra principalmente en la lámina media, teniendo funciones vitales en las plantas tales como de transporte interno de agua, nutrientes y metabolitos como aquellas que otorgan resistencia a la madera contra los impactos, compresiones y flexiones (Chabannes *et al.*, 2001; Jones *et al.*, 2001 cit por Rencoret, 2008). Este rol en funciones vitales hace presumir la alta heredabilidad que puede tener su contenido en la madera.

Las tensiones de crecimiento están relacionadas con factores genéticos, de edad, tamaño de la troza, tasa de crecimiento e inclinación del fuste (Riquelme, 2011).

Biechele *et al.* (2009) utilizan un extensómetro CIRAD para evaluar tensiones de crecimiento en *E. nitens*, concluyendo que estas son altamente variables y que no se correlacionan con un solo parámetro de crecimiento, sino con una combinación de factores que influyen de manera diversa a diferentes edades y alturas del árbol.

Caniza *et al.* (2007), estudiando tensiones de crecimiento en *E. grandis* y las interacciones clon x raleo y clon x posiciones, encontraron diferencias significativas lo que sugiere que el manejo de rodales así como también la simetría del espaciamiento inicial entre los árboles contribuiría a disminuir las tensiones de crecimiento, mejorando la calidad de la madera para uso sólido.

Barnacle y Gottstein (1968), cit por Touza (2001), señalan que también se deben considerar aspectos como la caída de los árboles en el volteo de modo de evitar impactos fuertes

los que aumentarían la aparición y profundidad de grietas.

Atendiendo a la existencia de una correlación inversa entre el contenido de lignina y la magnitud de las tensiones de crecimiento, así como a la alta heredabilidad del contenido de lignina, en este estudio se busca seleccionar árboles para una población de mejoramiento y producción de semilla mejorada, usando el contenido de lignina como predictor de las tensiones de crecimiento que manifiestan los árboles.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Conformar una población de mejoramiento de *Eucalyptus nitens* compuesta por individuos selectos en función de sus bajas tensiones de crecimiento y, consecuentemente, de su aptitud para ser usados en la producción de madera aserrada.

### Objetivos Específicos

Generar una curva de correlación entre características químicas constitutivas de la madera, tales como el contenido de lignina, con expresiones de tensiones de crecimiento medidas a través del uso de extensómetro, que mide microdeformaciones longitudinales de la madera y el índice de rajaduras terminales utilizando la evaluación CSIR (Verryn and Turner, 2000).

Seleccionar una población base de árboles *plus* de *Eucalyptus nitens* con menores tensiones de crecimiento a través de una evaluación no destructiva basada en la predicción del contenido de lignina.

## METODOLOGÍA

### Calibración Curva de Correlación entre Tensiones de Crecimiento y Contenido de Lignina

De rodales comerciales de *Eucalyptus nitens*, principalmente, y de algunas de especies tales como *E. globulus*, *E. viminalis* y *E. camaldulensis* establecidas en el patrimonio de la empresa Forestal Mininco en la Región del Bio Bio, se obtuvo una muestra de 200 individuos de distintas edades, pero con edad superior a 6 años, y en distintos sitios de crecimiento. Estos árboles fueron elegidos al azar, pero debían tener características de crecimiento promedio del rodal. Se utilizaron 22 rodales y en cada rodal se seleccionaron entre 4 y 14 árboles. Esta muestra fue utilizada en la calibración de una curva de correlación entre contenido porcentual de lignina real (Klason) y "lignina estimada" que se obtuvo a través de la tecnología NIR (espectrometría de infra-rojo cercano) aplicada a la muestra de lignina real.

La muestra de 200 árboles se utilizó para la medición de variables dasométricas, medición de tensiones (con extensómetro CIRAD) y extracción de viruta para cuantificar contenido de lignina en laboratorio. Con posterioridad los árboles fueron volteados y se aplicó la evaluación de rajaduras propuestas por el método CSIR.

Las variables evaluadas previas al volteo fueron DAP, Altura Total y Microdeformaciones (extensómetro a nivel de DAP en cara Norte y cara Sur, Figura N° 1), y post volteo se evaluó el Índice de rajadura (CSIR) a 0 horas y 24 horas después de la tala. El método CSIR se aplicó en distintas trozas y caras (Figura N° 2). El contenido de lignina Klason fue evaluado en el laboratorio de maderas de la Universidad Austral de Chile con muestras de viruta obtenidas a la altura de DAP y este mismo material fue utilizado para determinar el contenido de lignina mediante espectrometría.

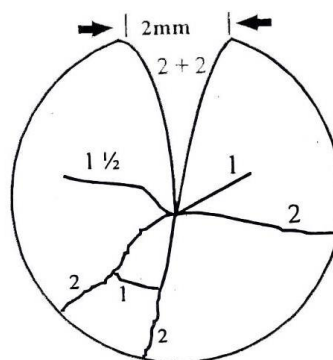
La viruta obtenida a la altura del DAP se obtuvo con barreno manual, inmediatamente después de la medición con Extensómetro CIRAD. Se utilizó una broca de 10 - 14 mm perforando

hasta obtener una muestra de 15-20 gramos de viruta y/o aserrín húmedos, la cual se guardó en bolsa de polietileno transparente con cierre hermético debidamente rotulada con una clara identificación del árbol muestreado. El contenido de lignina real (Lignina Klason) se obtuvo en laboratorio y posteriormente se utilizó para construir una curva predictora del contenido de lignina en base a lecturas con espectroscopio NIR.



**Figura N° 1**  
**MEDICIÓN DE TENSIONES DE CRECIMIENTO EN *E. nitens* UTILIZANDO EXTENSÓMETRO CIRAD**

El primer paso fue confirmar la relación propuesta por Bailleres *et al.* (1995) entre el contenido de lignina y las tensiones de crecimiento determinadas por la evaluación con extensómetro y por método CSIR.



- Puntaje:
- 1 punto por grietas radiales de medio radio de longitud
  - 1½ puntos por grietas radiales de ¾ radios de longitud
  - 2 puntos por grietas radiales de 1 radio de longitud
  - 1 punto por milímetro si la grieta se extiende en la periferia
  - 1 punto por medio radio de longitud para grietas tangenciales

**Figura N° 2**  
**MEDICIÓN DE TENSIONES DE CRECIMIENTO DE *E. nitens* UTILIZANDO SISTEMA CSIR Y EJEMPLO MÉTODO CSIR PARA LA PUNTUACIÓN DE GRIETAS**

La relación en cuestión tuvo una baja correlación al utilizar los valores individuales de tensión y lignina de cada árbol, no obstante al utilizar los valores medios por clase las correlaciones aumentaron considerablemente y confirmaron la relación inversa reportados por Baillères *et al.* (1995) entre tensiones y contenido de lignina

### Selección de Árboles *Plus* de *E. nitens* con Menores Tensiones de Crecimiento

La selección de árboles plus con menores tensiones de crecimiento se hizo en forma indirecta, escogiendo a los individuos con menor contenido de lignina.

Se propuso estimar el contenido de lignina mediante espectrometría NIR en muestras de viruta o aserrín obtenidas a 1,3 m de altura en 350 árboles candidatos.

Para conseguir los 350 candidatos se consideraron 383 familias no emparentadas, de 14 ensayos genéticos que totalizan del orden de 15.000 árboles.

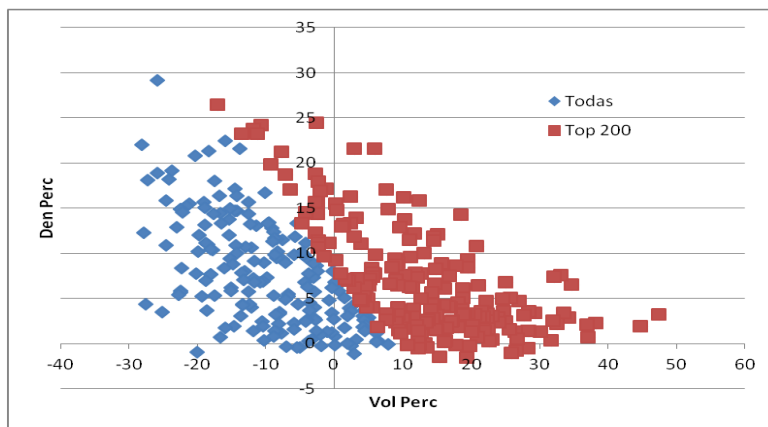
Cada familia posee entre 3 y más de 150 medio-hermanos, con una media de 30, y una edad promedio de 15 años.

Los candidatos se seleccionaron en función de la densidad de su madera (medición con Pilodyn) y volumen fustal, ambas con la misma ponderación, realizando una selección en dos fases; primero las 200 mejores familias y después la selección de los mejores individuos dentro de esas familias.

Para efectos de garantizar que la sub-población de árboles seleccionada para análisis de lignina fuera suficientemente variable, se hizo una elección preliminar de las mejores 200 familias (dentro de las 383), usando el criterio de selección establecido el que se denominó como:

$$\text{INDEX11} = (\text{BDHarvest} + \text{Vol\_Harvest})/2.$$

En la Figura N° 3 se ilustra la posición de estas 200 familias, respecto de las 383 iniciales.

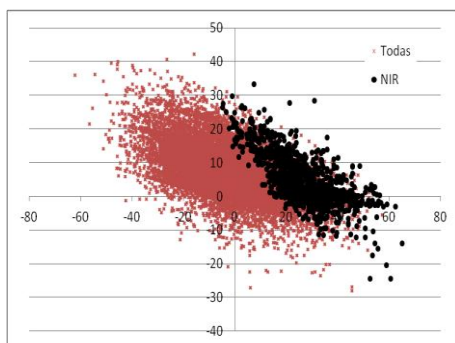


**Figura N° 3**  
**POSICIÓN DE LAS 200 MEJORES FAMILIAS EN RELACIÓN AL TOTAL (383) CONSIDERANDO ÍNDICE DE SELECCIÓN (INDEX11) CON IGUAL RELEVANCIA PARA DENSIDAD DE LA MADERA Y VOLUMEN**

Además, la subpoblación debía tener una buena representatividad dentro y entre las localidades donde se ubicaban los ensayos, de modo a permitir un adecuado análisis estadístico que separara apropiadamente los factores ambientales de los factores genéticos, y que al mismo

tiempo proveyera un número suficiente de individuos por familia para que la selección intra-familiar fuera adecuada. En efecto, con cinco árboles por familia se logra un buen equilibrio entre tener una base ancha y una buena representación de familias para estimar parámetros y correlaciones.

En definitiva se obtuvo un total de 1.028 árboles. Este número es mayor que el propuesto originalmente (350), pero otorgaba un margen de holgura para eliminar a algunos individuos que en terreno se detectaran como árboles muertos, faltantes o enfermos. Posteriormente, se eligieron los mejores individuos dentro de estas familias. La elección siguió el mismo criterio que usado anteriormente:  $INDEX11 = (BDHarvest + Vol\_Harvest)/2$ . En la Figura N° 4 se entrega una visión gráfica del mérito de Volumen y Densidad de los árboles candidatos.



**Figura N° 4**  
**POSICIÓN QUE OCUPAN LOS MEJORES 350 ÁRBOLES EN RELACIÓN AL TOTAL DE 1.028**

En promedio, el valor de mérito genético del conjunto de los árboles para evaluación NIR es de 21% para Volumen y 6% para Densidad. Sin embargo, en este conjunto existen algunos árboles de escaso volumen (mínimo de -19%) y densidad (mínimo de -25%). Finalmente, para seleccionar los árboles *plus* con menores tensiones de crecimiento solo fue preciso tomar una muestra de viruta y evaluar el contenido de lignina a través del Sistema NIR.

La determinación de los árboles *plus* consideró en primera instancia árboles candidatos que presentaron volúmenes superiores y densidades de la madera aceptables de acuerdo a lo esperado por la empresa. A cada uno de los árboles candidatos se les tomó una muestra de viruta a la altura del DAP (Figura N° 5).



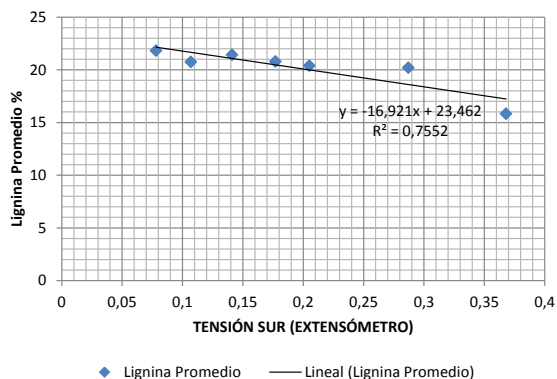
**Figura N° 5**  
**COLECTA DE VIRUTA DE ÁRBOLES CANDIDATOS PARA ANÁLISIS DE CONTENIDO DE LIGNINA A TRAVÉS DE SISTEMA NIR**

## RESULTADOS

### Calibración Curva de correlación entre Tensiones de Crecimiento y Contenido de Lignina

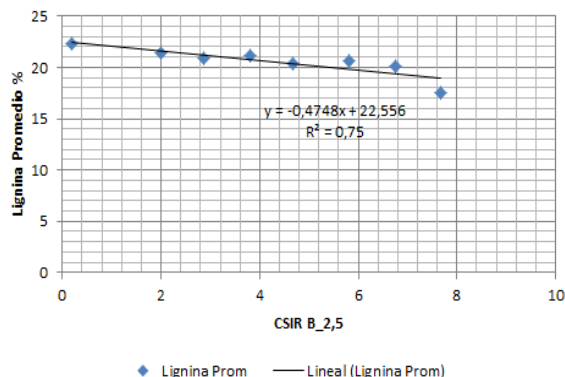
En las Figuras N° 6 y N° 7 se indica la correlación entre contenido de lignina y tensiones de crecimiento, evaluadas estas últimas con extensómetro y mediante índice de rajaduras CSIR.

En ambos casos la correlación se calculó ordenando los resultados de las muestras en clases. La correlación es alta utilizando ambos métodos de evaluación de tensiones y confirma la relación inversa propuesta por Baillères *et al.* (1995).



Tensión SUR		Lignina real Promedio
Clases	Promedio de la clase	
0,057 - 0,09	0,078	21,8
0,091 - 0,124	0,107	20,7
0,125 - 0,158	0,141	21,4
0,159 - 0,192	0,177	20,8
0,193 - 0,226	0,205	20,4
0,261 - 0,294	0,287	20,2
0,329 - 0,385	0,368	15,8

**Figura N° 6**  
CORRELACIÓN EXISTENTE ENTRE EVALUACIÓN DE TENSIONES CARA SUR CON EXTENSÓMETRO Y CONTENIDO DE LIGNINA KLASON (%)



CSIR B_2,5		Lignina real Promedio
Clases	Promedio de la clase	
0 - 1	0,200	22,3
1,1 - 2	2,000	21,4
2,1 - 3	2,864	20,9
3,1 - 4	3,800	21,1
4,1 - 5	4,667	20,4
5,1 - 6	5,800	20,6
6,1 - 7	6,750	20,1
7,1 - 8	7,667	17,6

**Figura N° 7**  
CORRELACIÓN EXISTENTE ENTRE EVALUACIÓN DE TENSIONES CON SISTEMA CSIR Y CONTENIDO DE LIGNINA KLASON (%)

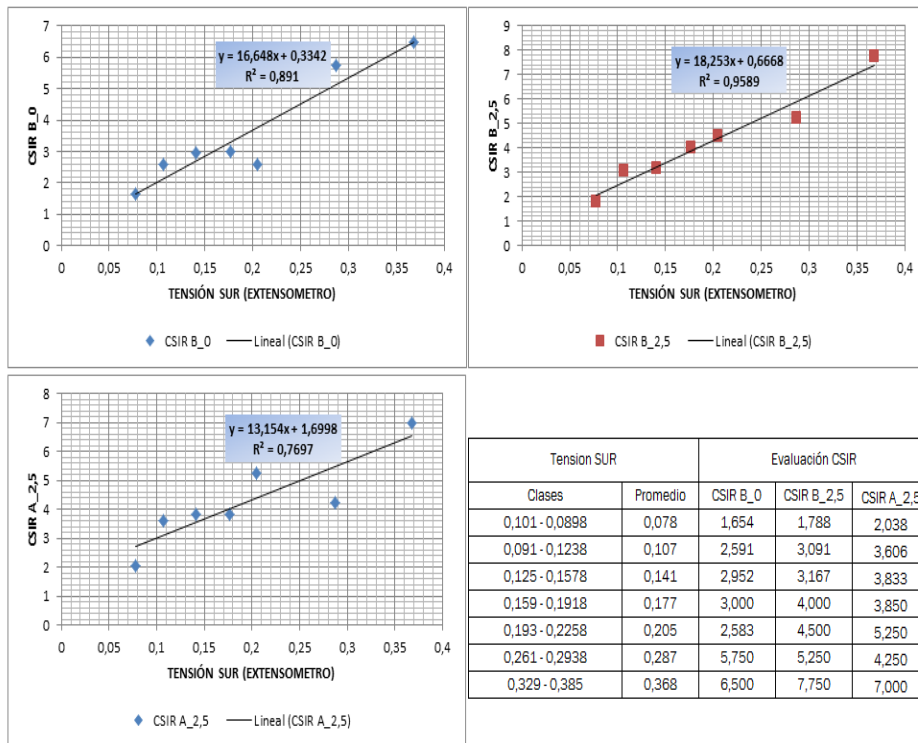
Respecto de los métodos de obtención de los valores de tensiones, el extensómetro corresponde a un método no destructivo, pero no muy confiable dado que depende de variables adicionales como son la estabilidad climática (lluvia, viento, otras) y de una extrema rigurosidad en su aplicación por el operador.



La evaluación a través del Sistema CSIR en tanto es un método destructivo, pero de alta credibilidad para determinar calidad de trozos que serán utilizados en la obtención de madera aserrada o chapas provenientes de debobinado.

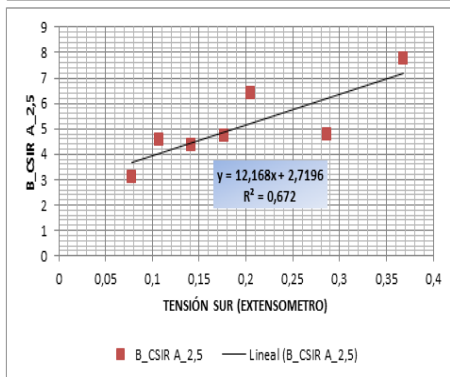
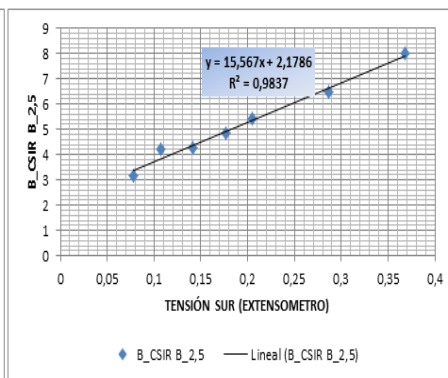
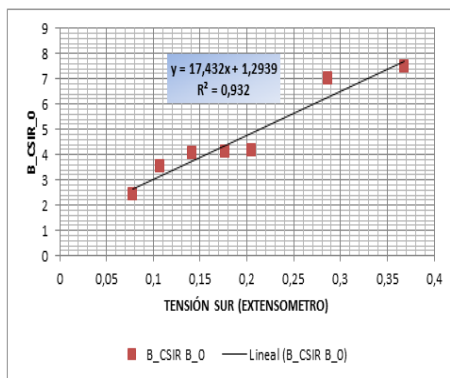
En este contexto, se correlacionaron ambos métodos, obteniéndose valores de  $R^2$  de entre 0,67 y 0,98, y observándose baja variación respecto de evaluar el índice CSIR inmediatamente después del volteo o 24 horas después del mismo.

En las Figuras N° 8 y N° 9 se entregan los resultados y en ellos se visualiza que ambos métodos son confiables y entregan una información muy similar para tensiones de crecimiento.



Cara Base Troza de Tocón = CSIR B\_0  
 Cara Basal de Troza a 2,5 m = CSIR B\_2,5  
 Cara Apical de Troza a 2,5 m = CSIR A\_2,5

**Figura N° 8**  
**CORRELACIÓN EXISTENTE ENTRE LAS MEDICIONES DE TENSIONES DE CRECIMIENTO CON EXTENSÓMETRO Y SISTEMA CSIR EN CARAS DE TROZAS A DISTINTAS ALTURAS MEDICIÓN EFECTUADA INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE LA COSECHA**



Tension SUR	Evaluación CSIR			
	Clases	Promedio	B_CSIR B_0	B_CSIR B_2,5
0,101 - 0,0898	0,078	2,442	3,173	3,096
0,091 - 0,1238	0,107	3,561	4,242	4,576
0,125 - 0,1578	0,141	4,048	4,286	4,333
0,159 - 0,1918	0,177	4,100	4,850	4,700
0,193 - 0,2258	0,205	4,167	5,417	6,417
0,261 - 0,2938	0,287	7,000	6,500	4,750
0,329 - 0,385	0,368	7,500	8,000	7,750

Cara Base Troza de Tocón = B\_CSIR B\_0  
 Cara Basal de Troza a 2,5 m = B\_CSIR B\_2,5  
 Cara Apical de Troza a 2,5 m = B\_CSIR A\_2,5

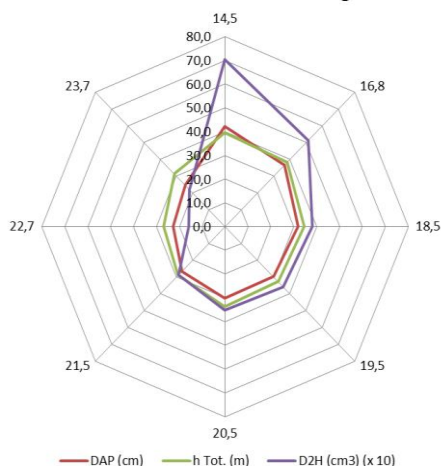
**Figura N° 9**  
**CORRELACIÓN EXISTENTE ENTRE LAS MEDICIONES DE TENSIONES DE CRECIMIENTO CON EXTENSÓMETRO Y SISTEMA CSIR EN CARAS DE TROZAS A DISTINTAS ALTURAS MEDICIÓN EFECTUADA 24 HORAS DESPUÉS DE LA COSECHA**

Otro aspecto interesante fue conocer cómo se comportaban las variables de crecimiento de los árboles con las tensiones de crecimiento y con el contenido de lignina (Figura 10).

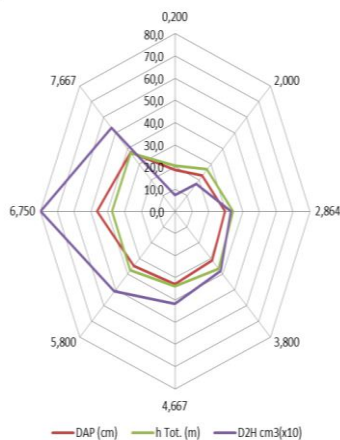
El mayor valor de crecimiento en Altura Total y Volumen se produce en los árboles con menor contenido de lignina con correlaciones  $R^2$  de -0,95 para DAP y -0,80 y -0,93 para Altura total y Volumen ( $D^2H$ ).

Además las menores Tensiones de Crecimiento se producen con el menor crecimiento para las tres variables y también con altas correlaciones, pero en este caso positivas de 0,84 para DAP, 0,75 para Altura y 0,82 para volumen ( $D^2H$ ).

**Crecimiento en relación a contenido de Lignina Menor**



**Crecimiento en relación a tensiones de crecimiento inmediatamente después del volteo en la base de la troza sobre el DAP del árbol**



**Figura N° 10**

**COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES DE CRECIMIENTO DE LOS ÁRBOLES (DAP, ALTA TOTAL (h TOT.) Y UN ESTIMADOR DE VOLUMEN FUSTAL (D<sup>2</sup>H) EN RELACIÓN AL CONTENIDO DE LIGNINA REAL Y TENSIONES DE CRECIMIENTO EVALUADAS CON SISTEMA CSIR**

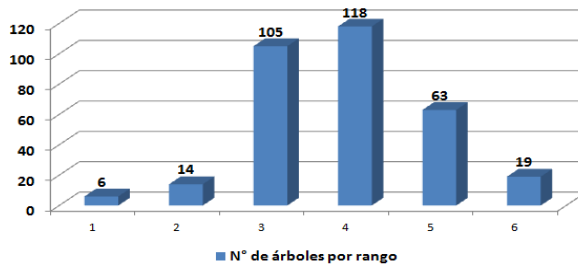
**Selección de Árboles *Plus* con Menores Tensiones de Crecimiento Aparentes**

Los 325 árboles definitivamente seleccionados en función de su contenido de lignina estimado con NIR se distribuyen de acuerdo a lo indicado en el Cuadro N° 1 y Figura N° 11.

**Cuadro N° 1  
DISTRIBUCIÓN DE ÁRBOLES CANDIDATOS  
SEGÚN RANGO DE CONTENIDO DE LIGNINA Y GRUPO ASIGNADO**

Rango Contenido Lignina (%)	Árboles por Rango (N°)	Total Árboles Candidatos (%)	Grupo Asignado según Rango
16,92 - 17,92	6	1,8	1
17,92 - 18,92	14	4,3	2
18,92 - 19,92	105	32,3	3
19,92 - 20,92	118	36,3	4
20,92 - 21,92	63	19,4	5
21,92 - 22,92	19	5,8	6

Gráficamente esta distribución se aprecia como una distribución totalmente normal al ordenar la frecuencia de árboles por grupo (Figura N° 11), lo que genera una variabilidad suficiente para que esta subpoblación se constituya en una población base de la especie para fines de producción de madera sólida.



**Figura N° 11**  
**DISTRIBUCIÓN DE ÁRBOLES POR GRUPO DE CONTENIDO DE LIGNINA**

La selección de árboles plus definitivos para la conformación de un Huerto Semillero Clonal se efectuó buscando mayores contenidos de lignina NIR, seleccionándose los 30 primeros, de los cuales 16 correspondieron al grupo N°6 y 11 al grupo N°5, con contenidos de lignina estimados entre 21,6 y 22,6 %. Este huerto se encuentra ya establecido para la producción de semilla mejorada como base para futuras plantaciones destinadas a la producción de madera sólida con *E. nitens*, principalmente para pequeños y medianos propietarios forestales.

Las progenies de la población obtenida de 325 árboles candidatos, donde están incluidos los árboles plus anteriormente mencionados, se constituirán en la población base para el avance del programa de mejoramiento genético de *E. nitens* para producción de madera sólida con trozas de menores tensiones de crecimiento. Se obtuvo ya semilla de 212 progenies y está en proceso de producción de plantas para establecer 2 ensayos de progenies. En general *E. nitens* es una especie de baja producción de semillas y con algún grado de vecería.

## DISCUSIÓN

Los árboles de menor crecimiento son mayoritariamente aquellos que tienen mayor contenido de lignina y presumiblemente menores tensiones de crecimiento. Así al seleccionar por bajas tensiones se sacrifica crecimiento, que es una variable crítica en cualquier programa productivo y de mejoramiento.

Por lo indicado, en este estudio la selección por bajas tensiones se efectuó sobre una subpoblación de alto volumen y densidad de la madera. Si bien el volumen es una característica de baja heredabilidad, la precisión de la ganancia genética que es posible obtener con una selección basada en datos BLUP en ensayos genéticos aumenta significativamente (Borralho, 2014; Volker and Raymond, 1989; Araújo *et al.*, 1996).

El método más apropiado para evaluar las tensiones de crecimiento en la población de selección es la medición de las rajaduras ocurridas en los extremos de las trozas después de volteado el árbol. Estas se correlacionan fuertemente con las rajaduras ocurridas en tablas y manifiestan moderados a altos valores de heredabilidad.

Sin embargo, un programa operativo de selección requiere de una herramienta práctica que permita efectuar muchas evaluaciones con rapidez, a bajo costo y sin destruir los árboles. En este sentido, la estimación del contenido de lignina mediante espectroscopia NIR parece adecuada para este fin y ha sido reportado por diversos otros autores (Fujimoto *et al.*, 2007; Workman and Weyer, 2007; Wust and Rudzik 1996; Shenk *et al.*, 2001).

Complementariamente, la predicción del contenido de lignina a través de NIR en especies del género *Eucalyptus* ha sido utilizado con niveles relativamente altos de coeficiente de predicción  $R^2$ , por ejemplo 0,87 para el híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* (Baillères *et al.*, 2002) y 0.88 para *E. camaldulensis* (Terdwongworakul *et al.*, 2005).

## CONCLUSIONES

La correlación entre los dos métodos de evaluación de tensiones en distintas trozas del árbol es muy alta, entre 0,77 (cara superior de troza de 2,5 m, sobre el DAP) y 0,96 (cara basal de troza de 2,5 m, sobre el DAP) para evaluaciones CSIR inmediatamente después del volteo y entre 0,67 (cara superior de troza de 2,5 m, sobre el DAP) y 0,98 (cara basal de troza de 2,5 m, sobre el DAP) para evaluaciones CSIR 24 horas después del volteo.

Considerando los resultados anteriores ambos métodos son confiables y entregan una información muy similar para tensiones de crecimiento.

Se comprueban las correlaciones existentes entre contenido de lignina y métodos de evaluación de tensiones de crecimiento en *E. nitens*. La correlación fue de -0,75 tanto con la evaluación no destructiva con Extensómetro CIRAD como con la destructiva, método CSIR.

El contenido de lignina se correlaciona negativamente con las variables de crecimiento de los árboles, el mayor valor de crecimiento se asocia con bajos contenidos de lignina con un  $R^2$  de -0,95 para DAP y -0,80 y -0,93 en altura total y volumen, respectivamente.

Las menores tensiones de crecimiento se producen con el menor crecimiento para las tres variables y también con altas correlaciones, pero en este caso positivas de 0,84 para DAP, 0,75 para altura y 0,82 para volumen ( $D^2H$ ).

La validez de esta selección genética deberá ser evaluada con la cosecha y procesamiento industrial de los árboles derivados de este programa de mejoramiento genético.

## RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen a Forestal Mininco (empresa CMPC SA) por poner a disposición de este estudio recursos materiales y humanos para la toma de muestras y análisis de información y al grupo PRO Nitens por el apoyo dado para trabajar con esta gran especie forestal.

## REFERENCIAS

**Araujo, J. A.; Sousa, R.; Lemos, L. and Borralho, N. M. G., 1996.** Estimates of genetic parameters and prediction of breeding values for growth in *Eucalyptus globulus* combining clonal and full-sib progeny information. *Silvae Genetica* 45, 223-226.

**Bailleres, H.; Chanson, B.; Fournier, M.; Tollier, Mt. et Monties, B., 1995.** Structure, composition chimique et retraits de maturation du bois chez les clones d' *Eucalyptus*. *Ann Sci For* N° 52, 157-172.

**Baillères H.; Davrieux, F. and Ham-Pichavant, F., 2002.** Near infrared analysis as a tool for rapid screening of some major wood characteristics in a *Eucalyptus* breeding program. *Annals of Forest Science* 59: 479-490

**Biechele, T.; Nutto, L. and Becker, G., 2009.** Growth Strain in *Eucalyptus nitens* at Different Stage of Development. *Silva Fennica* 43(4). 669-679.

**Borralho, N., 2014.** Desarrollo y perspectivas del mejoramiento genético de eucaliptos para producción de pulpa. En: Ipinza, R.; Barros, S.; Gutiérrez, B.; Borralho, N. (Eds.): Mejoramiento Genético de Eucaliptos en Chile. 327-352. INFOR-FIA, Santiago, Chile.

**Caniza, J.; Lopez, J.; Montenegro, P.; Assame, S. y Aparicio, J., 2007.** Variación de las Tensiones de Crecimiento en tres Clones de *Eucalyptus Grandis* según el estado de competencia individual. XXII Jornadas Forestales de Entre Rios, Concordia, Argentina. 2007. Páginas 1–9.

**Fujimoto, T.; Yamamoto, H. and Tsuchikawa, S., 2007.** Estimation of Wood Stiffness and Strength Properties of Hybrid Larch by Near-Infrared Spectroscopy. *Applied Spectroscopy* 61 (8) 882:888.

**INFOR, 2015.** El Sector Forestal Chileno. En: [http://wef.infor.cl/sector\\_forestal/sectorforestal.php#/10](http://wef.infor.cl/sector_forestal/sectorforestal.php#/10) (consulta enero, 2016).

**Lima, I., 2005.** Influência do desbaste e da adubação na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex - Maiden. Tese doctor em Recursos florestais. Piracicaba, Universidade de São Paulo. 136 p.

**Ona, T.; Sonoda, T.; Shibata, M. and Fukazawa, K., 1995.** Small-scale method to determine the content of wood components from multiple Eucalypt samples. *Tappi Journal* 78 (3): 121-126.

**Rencoret, J., 2008.** Estudio de lignina y lípidos en madera de eucalipto: Caracterización química en distintas especies y su evolución durante la fabricación y blanqueo químico y enzimático de la pasta de papel. Tesis de Doctor en Ciencias Químicas por la Universidad de Sevilla. Páginas 212.

**Riquelme, K., 2011.** Efecto de las tensiones de crecimiento sobre el aprovechamiento de *pallet* seco en trozas de *Eucalyptus nitens* (Deane et Maiden) Maiden. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal, Universidad Austral de Chile, Valdivia. Páginas 51.

**Shenk, J.; Workman, J. and Westerhaus, M., 2001.** Application of NIR Spectroscopy to Agricultural Products. Handbook of Near-Infrared Analysis. Burns, D., and Ciurczak, E. (Eds.) Dekker, New York., pp 419-474.

**Terdwongworakul, A.; Punsuwan, V.; Thanapase, W.; and Tsuchikawa, S., 2005.** Rapid assessment of wood chemical properties and pulp yield of *Eucalyptus camaldulensis* in Thailand tree plantations by near infrared spectroscopy for improving wood selection for high quality pulp. *J. Wood Sci.* 51: 167-171.

**Touza, M., 2001.** Tensiones de crecimiento en *Eucalyptus globulus* de Galicia (España): influencia de la silvicultura y estrategias de aserrado. *Maderas, Cienc. tecnol.* [online]. 2001, vol.3, n.1-2, pp.68-89.

**Verryn, S. and Turner, P., 2000.** The prediction and selection of *E. grandis* solid wood: Phase one, Division of Water, Environment and Forestry Technology, CSIR, 2000.

**Volker, P. and Raymond, C. A., 1989.** Potential for breeding Eucalypts in Tasmania. *Appita* 42, 198-199.

**Workman, J. and Weyer, L., 2007.** Practical guide to interpretive near-infrared spectroscopy. CRC Press.

**Wust, E. and Rudzik, L., 1996.** Nir-Spektroskopische Analytik. En: Gunzler, M., Borsdorf, R., Danzer, K., Fresenius, W., Galensa, R., Huber, W., Luderwald, I., Schwedt, G., Tolg, G., Wisser, H (Eds) Infrarotspektroskopie. Highlight aus dem Analytiker-Taschenbuch. A. Springer, Berlin, pp 241-245.

# TENDENCIAS EN EL USO DE ESPECIES EN PLANTACIONES DE PEQUEÑOS Y MEDIANOS PROPIETARIOS PERÍODO 2012-2016

Avila, Alberto y Muñoz, Juan Carlos<sup>10</sup>

## RESUMEN

La superficie de plantaciones forestales en Chile alcanza en 2015 a 2,4 millones de hectáreas y la tasa anual de plantación se mantiene por sobre las 90 mil hectáreas, tasa que hoy está representada fundamentalmente por la reforestación (reposición de plantaciones cosechadas), dado que desde el año 2012, cuando expiró la ley de fomento a la forestación (plantaciones en suelos sin cubierta forestal), esta cayó drásticamente. En el año 2016 la reforestación alcanzó a 96.043 ha en tanto que la forestación a solo 2.421 ha.

Las principales especies en las plantaciones del país a 2015 son *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*, con 1.400.259 ha, 576.937 ha y 259.299 ha, respectivamente. La diferencia respecto del total está dada por 147.434 ha de plantaciones de otras especies, de géneros como *Pinus*, *Pseudotsuga*, *Populus* y otros. Tradicionalmente había predominado ampliamente pino radiata en las plantaciones, pero desde la década de los 90 del siglo pasado empezó a incrementarse fuertemente la participación de eucaliptos, es así como en 1990 la superficie plantada con eucaliptos era de 101.700 ha y a 2015 se registran 848.869 ha, de las cuales 576.937 ha corresponden a *E. globulus* y 259.299 ha a *E. nitens*.

El consumo de madera en trozas por la industria forestal es en 2016 de 44.556.000 m<sup>3</sup>ssc, el cual es provisto casi exclusivamente por las plantaciones forestales (algunas especies nativas participan solo en un 0,7%). Este consumo era en el año 2000 de 24.436,800 m<sup>3</sup>ssc y en el año 2010 de 34.559.600 m<sup>3</sup>ssc, lo que refleja el desarrollo y constante ampliación de la industria forestal chilena.

Dada la importancia del recurso plantaciones, el Instituto Forestal (INFOR) realiza periódicamente el estudio Disponibilidad Futura de Madera de Plantaciones de Pino Radiata y Eucalipto a un horizonte de 30 años, y este estudio requiere conocer la tendencia en el uso de especies en las plantaciones para la estimación de las disponibilidades futuras de madera de una y otra. Este estudio se centra en la reforestación y en los pequeños y medianos propietarios, dado que las grandes empresas forestales contribuyen con las proyecciones de sus propias plantaciones.

El presente trabajo analiza la tendencia en el uso de las especies en las reforestaciones de pequeños y medianos propietarios revisando el período comprendido entre los años 2012 y 2016. Los resultados indican que este segmento de propietarios reforesta en el período 152.637 ha y que es el subsegmento pequeños propietarios el que domina en esta cifra con 130.982 ha. Además, es este subsegmento el que está empleando mayormente los eucaliptos, con 1,2 ha reforestada con eucaliptos por cada 1 ha reforestada con pinus radiata, en tanto que los medianos propietarios registran 0,6 ha reforesta con eucaliptos por cada 1 ha reforestada con pinus radiata.

**Palabras clave:** Pequeños y medianos propietarios, reforestación, tendencia en el uso de especies.

---

<sup>10</sup> Investigadores, Instituto Forestal, Sede Bio Bio. aavila@infor.cl

## SUMMARY

Total planted forest area in Chile by 2015 is 2.4 million hectares and the plantation annual rate remains over than 90 thousand hectares, however this rate is represented nowadays basically by reforestation (harvested areas replacement). Since 2012, expiry year of the afforestation state incentives law, the afforestation annual rate fell drastically. In 2016 reforestation rate was 96 thousand hectares while afforestation rate was only 2.4 thousand hectares.

Main species in Chilean planted forest are by 2015 *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens*, reaching to 1.400.259 ha, 576.937 ha and 259.299 ha, respectively. The difference respect to the total planted area is done by 147.434 ha of other species plantations from genus like *Pinus*, *Pseudotsuga*, *Populus* and others. Traditionally the main species was *Pinus radiata*, but since the 90's decade of the past century eucalypts plantations strongly increased; by 1990 Eucalypts plantations were 101,700 ha and by 2015 have increased to 848,869 ha, of which 576.937 are *E. globulus* plantations and 259,299 *E. nitens* plantations.

The annual forest industry round wood consumption in 2016 was 44,556,000 m<sup>3</sup>, provided almost exclusively by the planted forests (some native species participate only with 0.7%). This consumption level was in 2000 of 24,436,800 m<sup>3</sup> and in the year 2010 of 34,559,600 m<sup>3</sup>, figures which reflect the Chilean forestry industry development and permanent expansion.

Considering the planted forest resources importance, the Instituto Forestal (INFOR) carry out periodically the study Future Radiata Pine and Eucalypts Plantations Wood Availability, under a 30 year time frame, and this study requires the knowledge of the species use in planted forests trend in order to estimate the future wood availability by species. The study focuses on reforestation and on small and medium owners because the large forest companies provide their own plantation projections.

The present paper analyses the small and medium owners species use trend in their reforestations, reviewing the 2012 - 2016 period. Results show that during the period small and medium owners reforest 152,637 ha, and the small owners segment dominates with 130,982 ha. Also this segment is using mainly Eucalypts, reforesting 1.2 ha with Eucalypts by 1 ha with Radiata Pine, while medium owners reforest 0.6 ha with Eucalypts by 1 ha with Radiata Pine.

**Key words:** Small and medium owners, reforestation, species use trend.



## INTRODUCCIÓN

El consumo de madera en trozas de la industria forestal chilena es en 2016 de 44,6 millones de metros cúbicos y está basado fundamentalmente en las plantaciones forestales, el 69,2% de este volumen es provisto por plantaciones de pino radiata (*Pinus radiata* D. Don.), el 30,1% por plantaciones de eucaliptos (*Eucalyptus globulus* Labill. y *Eucalyptus nitens* H. Deane & Maiden), en tanto que diversas especies de los bosques nativos proveen solo el 0,7% (INFOR, 2017).

En el marco del estudio de disponibilidad futura de madera de plantaciones que realiza periódicamente el Instituto Forestal (INFOR), se definieron categorías de propietarios de este recurso en función de su patrimonio total de plantaciones:

Grandes empresas (> 30 mil ha)

Empresas medianas (> 5 mil < 30 mil ha)

Medianos propietarios (> 200 ha < 5 mil ha)

Pequeños propietarios ( $\leq$  200 ha)

En el estudio de disponibilidad (año 2017), participan grandes empresas y algunas empresas medianas, que aportan información y proyecciones sobre su patrimonio.

En el caso de los Pequeños y Medianos Propietarios (PYMP), en el estudio anterior de disponibilidad (año 2012), se hicieron análisis sobre el comportamiento histórico en sus plantaciones, en particular lo referente al cambio de especie de pino radiata a eucaliptos.

En esta oportunidad, estudio de disponibilidad 2017, también se requiere estimar el comportamiento de este segmento de propietarios, para las tres especies principales plantadas en Chile; *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*, en lo referente a los cambios o reemplazos de especies en sus plantaciones, y esta vez se analiza separadamente para pequeños y para medianos propietarios, en base a las intenciones de reforestaciones presentadas a la Corporación Nacional Forestal (CONAF).

## MÉTODO

Se revisaron los datos de reforestación presentadas a CONAF, entre los años 2012 y 2016; se seleccionaron y clasificaron los propietarios de acuerdo a los criterios de superficie establecidos en el estudio de disponibilidad futura de madera 2012 (INFOR, 2013), en las regiones de Valparaíso, O'Higgins, Maule, Bio Bio, Araucanía, Los Ríos y Los Lagos; no se incluyó la región Metropolitana, porque no registró superficie reforestada con pino radiata.

Se analizaron las distribuciones de superficie reforestada por especie y tipo de propietario en cada región del área de estudio.

Se utilizó el criterio de razón de reforestación (Avila y Muñoz, 2014), en donde se establecen las hectáreas plantadas con eucalipto por cada hectárea plantada con pino radiata. En esta razón se sumaron las superficies de ambas especies del género *Eucalyptus* (*E. globulus* y *E. nitens*).

## RESULTADOS

### Intenciones de Reforestación

Se revisaron las solicitudes de reforestación presentadas a CONAF por pequeños propietarios y medianos propietarios, en todas las regiones del estudio, con las especies *Pinus*

*radiata*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus nitens*, entre los años 2012 y 2016,

#### - Intenciones de Reforestar con la Especie *Pinus radiata*

Durante el período 2012-2016, los PYMP presentaron a CONAF en el área de estudio solicitudes de reforestar con esta especie por 75.182 ha, de las cuales el 81% corresponde a pequeños propietarios (PP).

Este segmento mostró en promedio una tasa de reforestación en torno a las 12 mil ha al año dentro de las regiones en estudio.

Se aprecia en la Figura N° 1 una baja en el año 2015 (5.745 ha) y al año siguiente el valor más alto (16.436 ha).

Respecto de los medianos propietarios (MP), las intenciones de reforestar con pino *radiata* aparecen en torno a 2.800 ha en promedio, con variaciones menos marcadas que en pequeños propietarios.

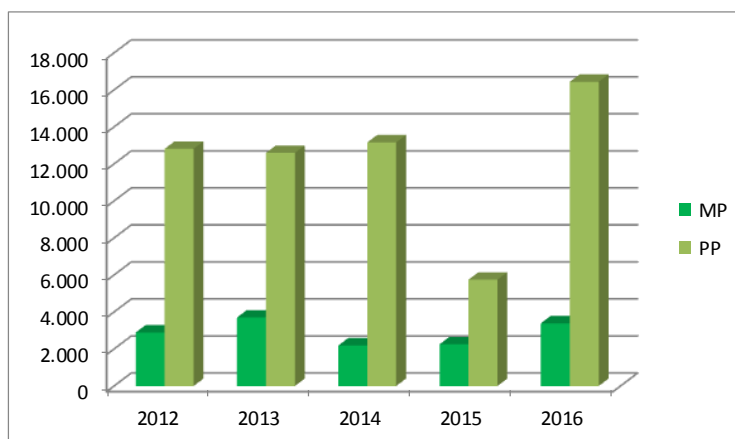


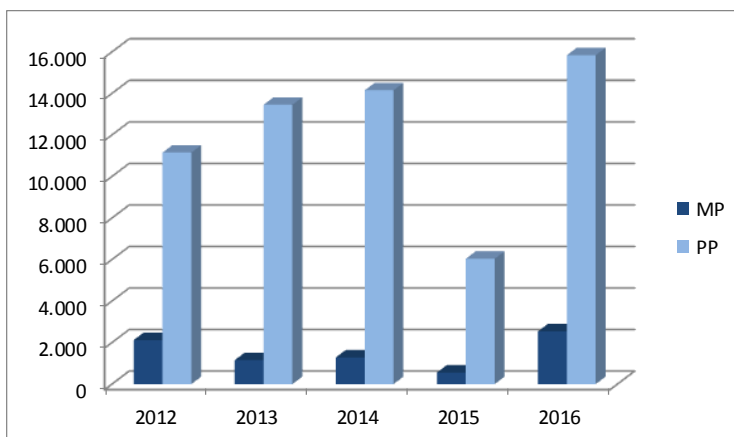
Figura N° 1  
SUPERFICIE REFORESTACIONES *Pinus radiata* POR TIPO DE PROPIETARIO

#### - Intenciones de Reforestar con la Especie *Eucalyptus globulus*

*Eucalyptus globulus* fue la segunda especie en superficie reforestada por los PYMP, con 68.269 ha en las regiones que comprende el estudio.

También son los PP quienes concentran estas reforestaciones con 89%, salvo en el año 2015, se aprecia una tendencia al incremento de superficie desde las 11 mil hectáreas en 2012, hasta las 15.800 ha en el año 2016 (Figura N° 2).

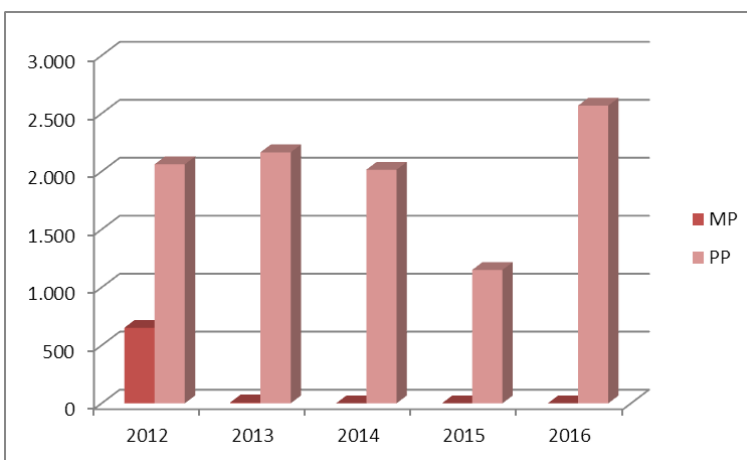
Los MP en tanto muestran una distribución que baja desde el año 2012 hasta 2015, para nuevamente incrementarse en torno a las 2.500 hectáreas en el año 2016.



**Figura N° 2**  
**SUPERFICIE REFORESTACIONES *Eucalyptus globulus* POR TIPO DE PROPIETARIO**

**- Intenciones de Reforestar con la Especie *Eucalyptus nitens***

*Eucalyptus nitens* es la tercera en importancia en términos de superficie, pero como se observa en la Figura N° 3 con tasas anuales muy menores a las otras dos especies.



**Figura N° 3**  
**SUPERFICIE REFORESTACIONES *Eucalyptus nitens* POR TIPO DE PROPIETARIO**

Los PP son el segmento que mostró la mayor superficie de reforestación con esta especie, en promedio cerca de 2.000 ha al año. Tal como ocurrió con las otras especies, el año 2015 presentó un brusco descenso, para luego incrementarse en 2.500 ha.

Los MP en tanto muestran reforestación importante con esta especie solo el año 2012 (650 ha), para luego hacerse nula esta reforestación en los últimos tres años del análisis.

## Reforestaciones por Región

A continuación, se presentan las reforestaciones con las tres especies, por cada región administrativa y tipo de propietario.

### - Región de Valparaíso

*Eucalyptus globulus* es la especie más empleada por los MP en sus reforestaciones en esta región. Como se aprecia en la Figura N° 4, en promedio 408 ha para el período, pero con un máximo de 878 ha y un mínimo de 0 ha, en los años 2014 y 2015, respectivamente. Muy baja participación de *Pinus radiata* y no se registra superficie reforestada con *Eucalyptus nitens*.

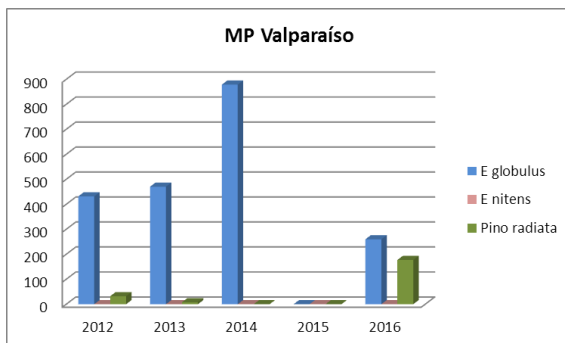


Figura N° 4  
REFORESTACIONES DE MP EN LA REGIÓN DE VALPARAÍSO

En cuanto a los PP, presentan un comportamiento similar en lo que respecta a la mayor reforestación con *Eucalyptus globulus*, menor con *Pinus radiata* y nula con *Eucalyptus nitens*; pero con mayor superficie que la mostrada por los MP (Figura N° 5). En promedio se plantaron 911 ha anuales con *Eucalyptus globulus*, con un máximo de 1.557 ha en el año 2013, y un mínimo de 0 ha en 2015. Se aprecia una tendencia a la disminución de la superficie reforestada. Los PP reforestaron en promedio 76 ha con *Pinus radiata*, alcanzando en 2016 la mayor superficie con 144 ha.

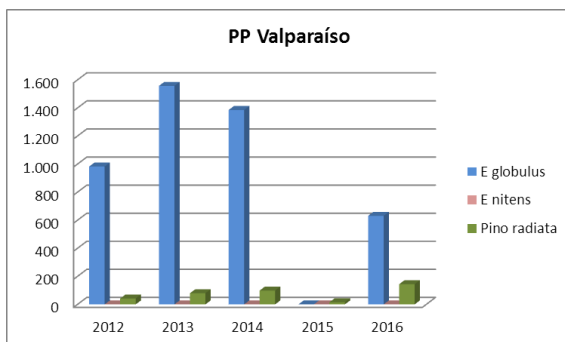
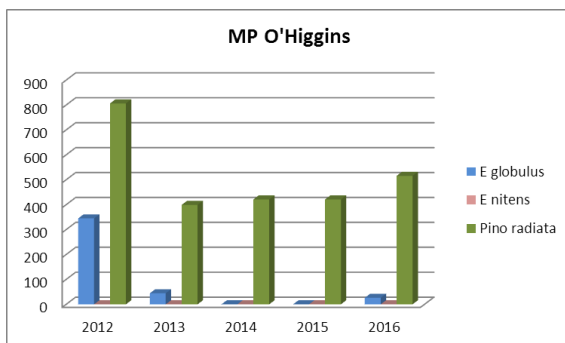


Figura N° 5  
REFORESTACIONES DE PP EN LA REGIÓN DE VALPARAÍSO

## - Región de O'Higgins

En la región de O'Higgins los MP reforestaron mayoritariamente con la especie *Pinus radiata* (Figura N° 6), 512 ha en promedio, presentando como máximo 800 ha en el año 2012, solo 83 ha en promedio anual se reforestó con *Eucalyptus globulus* y con clara tendencia a la baja.

No se registran reforestaciones con *Eucalyptus nitens*, por parte de este segmento de propietarios.

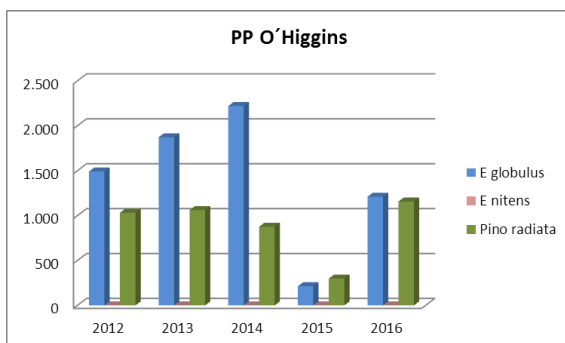


**Figura N° 6**  
**REFORESTACIONES DE MP EN LA REGIÓN DE O'HIGGINS**

Los PP en cambio, reforestaron mayoritariamente con *Eucalyptus globulus* (Figura N° 7), con un promedio para el período de 1.401 ha, alcanzando el máximo en año 2014 con 2.020 ha, para declinar en los dos años siguientes.

Con *Pinus radiata* se reforestó en promedio anual 885 ha, con menos variaciones entre los años que lo observado en *Eucalyptus globulus*.

No se reforestó con *Eucalyptus nitens*, por parte de este tipo de propietario.



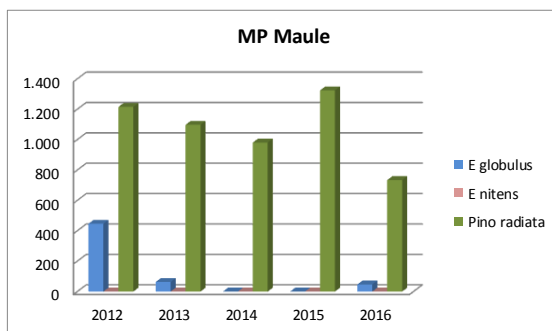
**Figura N° 7**  
**REFORESTACIONES DE PP EN LA REGIÓN DE O'HIGGINS**

## - Región del Maule

Los MP de la región del Maule reforestaron mayoritariamente con *Pinus radiata*, en promedio 1.070 ha por año (Figura N° 8).

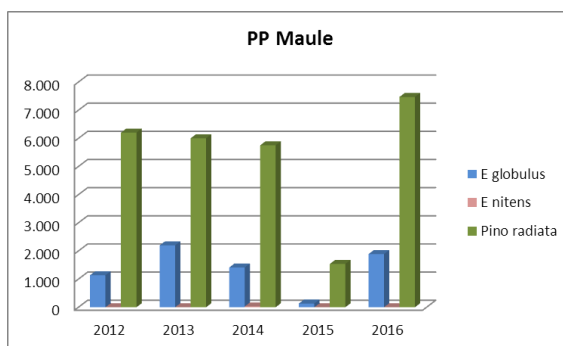
Le sigue *Eucalyptus globulus* que muestra un promedio de 111 ha/año, pero con una marcada disminución desde el año 2012.

No aparecieron superficies reforestadas con *Eucalyptus nitens* por parte de los MP.



**Figura N° 8**  
**REFORESTACIONES DE MP EN LA REGIÓN DEL MAULE**

Los PP del Maule quintuplicaron la superficie reforestada por los MP. También reforestaron principalmente con *Pinus radiata* (Figura N° 9), con 5.394 ha/año en promedio, destacando como máximo el año 2016 con 7.470 ha.



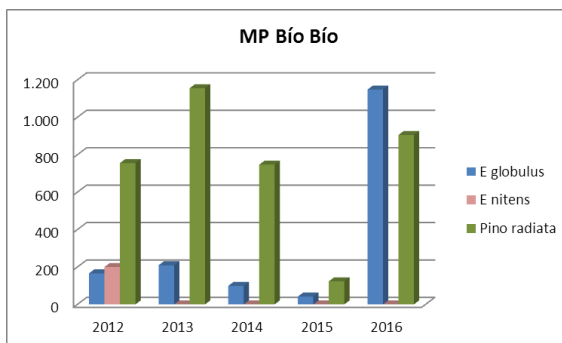
**Figura N° 9**  
**REFORESTACIONES DE PP EN LA REGIÓN DEL MAULE**

Durante el período analizado, *Eucalyptus globulus* registra un promedio de 1.354 ha/año de reforestación por parte de los PP.

Con *Eucalyptus nitens* se reforestaron solamente 30 ha en los cinco años.

- **Región del Bio Bio**

La mayor superficie reforestada por los MP del Bio Bio correspondió a la especie *Pinus radiata*, en promedio 737 ha/año; alcanzando el máximo en el año 2013 con 1.155 ha (Figura N° 10).

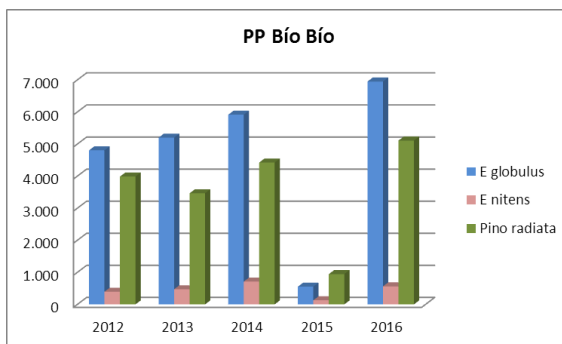


**Figura 10**  
**REFORESTACIONES DE MP EN LA REGIÓN DEL BIO BIO**

Con *Eucalyptus globulus* se aprecia una baja superficie reforestada por parte de los MP, sin embargo, el año 2016 superó a la superficie reforestada con pino radiata.

Solo se aprecia *Eucalyptus nitens* plantado en reforestaciones durante el año 2012.

Los PP en tanto, reforestaron superficies ocho veces superiores a la de los MP. La situación varía en este segmento porque *Eucalyptus globulus* fue la especie más plantada (Figura N° 11), con 4.683 ha/año en promedio y un máximo en 2016 de 6.948 ha.



**Figura N° 11**  
**REFORESTACIONES DE PP EN LA REGIÓN DEL BIO BIO**

Los PP del Bio Bio reforestaron en promedio 3.585 ha/año con *Pinus radiata* y 455 ha/año con *Eucalyptus nitens*.

## - Región de la Araucanía

En la región de la Araucanía los MP reforestaron en promedio 487 ha con *Eucalyptus globulus*, con un máximo en 2016 de 1.059 ha (Figura N° 12), superando levemente a pino radiata que registra 368 ha/año en promedio), que también alcanzó su máximo el año 2016.

*Eucalyptus nitens* aparece solo a comienzo del período, durante el año 2012.

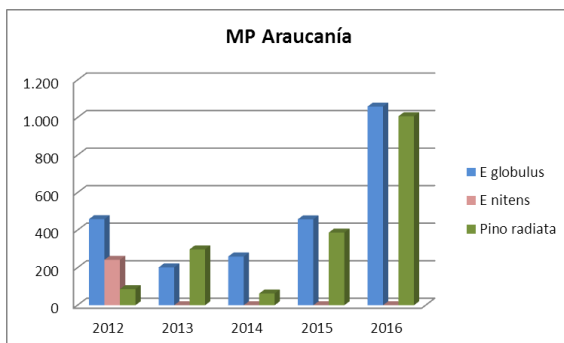


Figura N° 12  
REFORESTACIONES DE MP EN LA REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

*Eucalyptus globulus* fue la especie con mayor superficie reforestada por los PP en esta región, 3.328 ha en promedio, en el año 2015 alcanzó su máximo con 4.957 ha (Figura N° 13).

Pino radiata fue la segunda especie más utilizada en las reforestaciones de los PP, con 1.867 ha/año en promedio y también alcanzó su máximo en el año 2015, con 2.695 ha.

*Eucalyptus nitens*, en tanto presentó superficie plantada durante todo el período, con 793 ha/año en promedio.

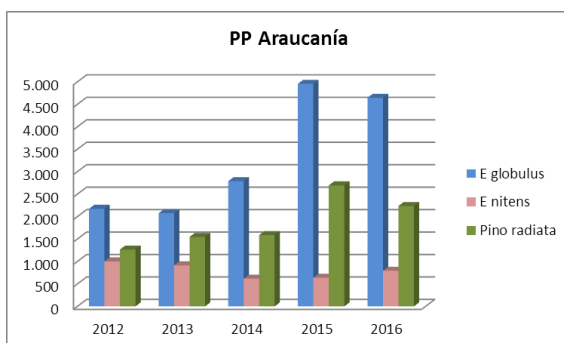


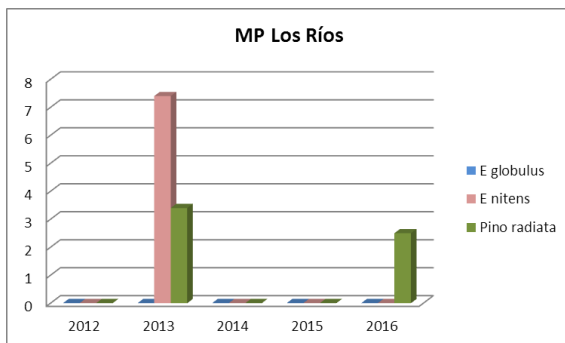
Figura N° 13  
REFORESTACIONES DE PP EN LA REGIÓN DE LA ARAUCANÍA



## - Región de los Ríos

Los MP de la región de los Ríos mostraron casi nula actividad en los cinco años.

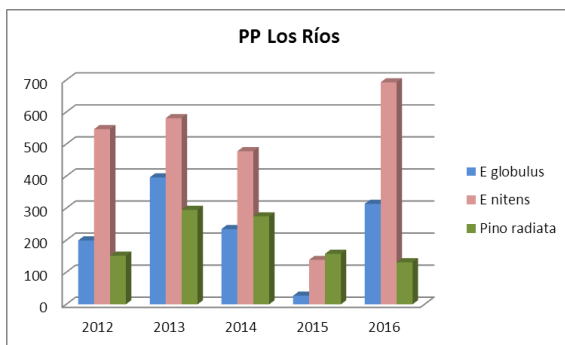
Se registran en el período reforestaciones de solo 7 ha de *Eucalyptus nitens* y 6 ha de pino radiata (Figura N° 14).



**Figura N° 14**  
REFORESTACIONES DE MP EN LA REGIÓN DE LOS RÍOS

*Eucalyptus nitens* fue la especie con mayor superficie reforestada por los PP en esta región (Figura N° 15), con 487 ha/año en promedio.

Le siguen *Eucalyptus globulus* con 234 ha/año y pino radiata con 202 ha/año en promedio.



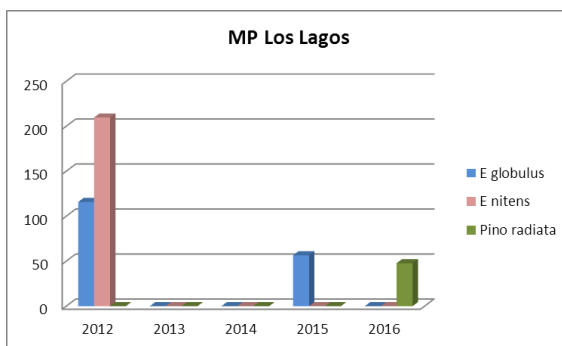
**Figura N° 15**  
REFORESTACIONES DE PP EN LA REGIÓN DE LOS RÍOS

## - Región de los Lagos

Los MP de la región de los Lagos mostraron un comportamiento irregular, dado que la mayor especie reforestada fue *Eucalyptus nitens* con 210 ha en total, pero solo se registró en el año 2012 (Figura N° 16).

Le siguió *Eucalyptus globulus* con 172 ha en total plantadas en dos años.

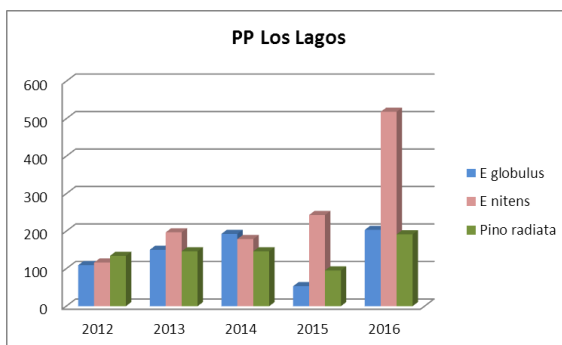
Finalmente, pino radiata con 48 ha al final del período.



**Figura N° 16**  
**REFORESTACIONES DE MP EN LA REGIÓN DE LOS LAGOS**

Por su parte los PP en la región los Lagos reforestaron principalmente con *Eucalyptus nitens* (Figura N° 17), 251 ha/año en promedio y un máximo de 518 ha en el año 2016.

Le siguen Pino radiata y *Eucalyptus globulus*, con 143 y 142 ha en promedio, respectivamente.



**Figura N° 17**  
**REFORESTACIONES DE PP EN LA REGIÓN DE LOS LAGOS**

## Razón de Reforestación

A continuación se presentan los resultados, para cada región y tipo de propietario, de la razón de reforestación (RR), es decir, la relación de superficie reforestada con eucaliptos por cada hectárea reforestada con pino radiata. En este caso se unen las superficies de ambas especies del género *Eucalyptus* en estudio.

### - Región de Valparaíso

En la Figura N° 18 se presenta la RR para los dos tipos de propietarios; los MP mostraron una alta razón los años 2012 y 2013 (13 y 61, respectivamente), para bajar fuertemente los tres años siguientes debido a la nula o baja superficie reforestada con pino radiata. Los PP presentaron una razón de 23 en 2012 para ir declinando en los siguientes años. El año 2015 no se registraron superficies reforestadas con eucaliptos.

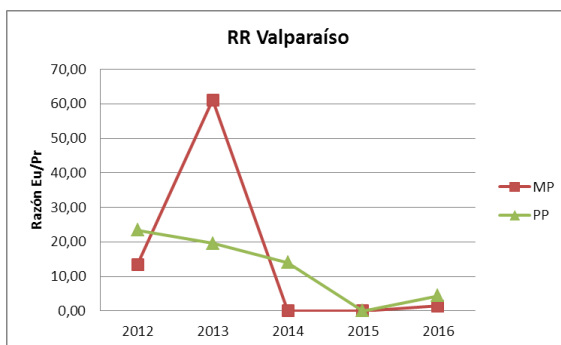


Figura N° 18  
RAZÓN DE REFORESTACIÓN POR TIPO DE PROPIETARIO REGIÓN DE VALPARAÍSO

### - Región de O'Higgins

Los MP exhibieron una RR menor a 1 en todo el período (Figura N° 19) y con tendencia a la baja. En tanto los PP presentaron RR que creció de 1,4 en 2012 hasta 2,5 máximo en el año 2014, para descender en los dos años siguientes en donde las superficies de eucaliptos y pino radiata fueron similares.

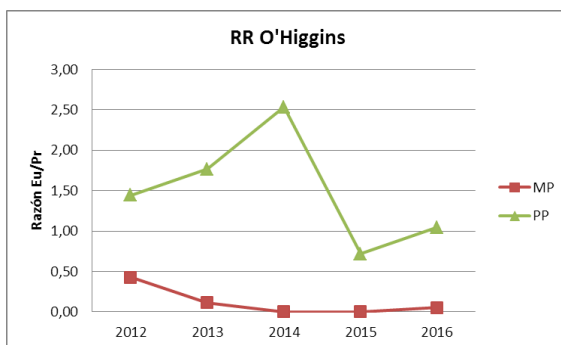
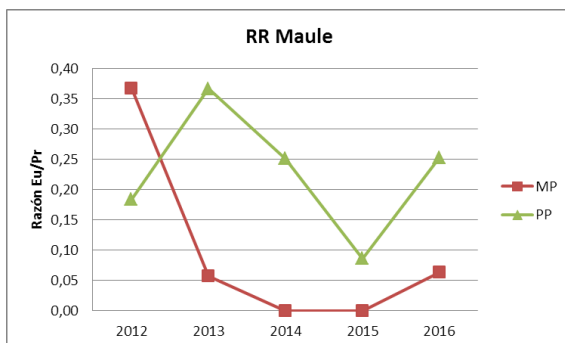


Figura N° 19  
RAZÓN DE REFORESTACIÓN POR TIPO DE PROPIETARIO REGIÓN DE O'HIGGINS

### - Región del Maule

Durante todo el período, los MP del Maule presentaron RR menores a 1 (Figura N° 20), incluso en los años 2014 y 2015 no hubo superficie reforestada con eucaliptos.

También los PP del Maule exhibieron RR inferiores a 1 durante los 5 años, con variaciones entre los años.

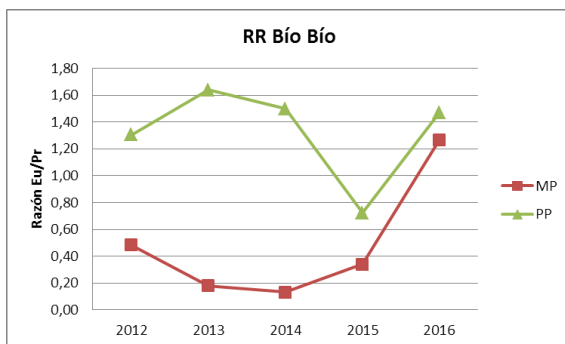


**Figura N° 20**  
**RAZÓN DE REFORESTACIÓN POR TIPO DE PROPIETARIO REGIÓN DEL MAULE**

### - Región del Bio Bio

Los MP de esta región mostraron RR inferiores a 1 los cuatro primeros años (Figura N° 21), solo el año 2016 alcanzó razón 1,3.

Los PP del Bio Bio muestran RR en torno a 1,5, excepto el año 2015 que es inferior a 1.

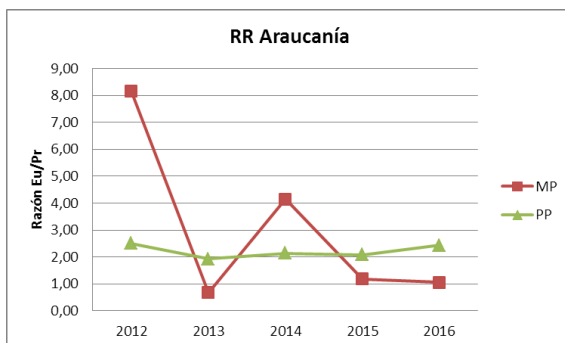


**Figura N° 21**  
**RAZÓN DE REFORESTACIÓN POR TIPO DE PROPIETARIO REGIÓN DEL BIO BÍO**

### - Región de la Araucanía

El año 2012 los MP de la Araucanía presentaron RR sobre 8, para descender de 1 al año siguiente, en 2014 nuevamente se incrementa a 4 (Figura N° 22) y los dos últimos años se mantiene alrededor de 1.

Los PP de la Araucanía en cambio, se mostraron más estables con razones en torno a 2.

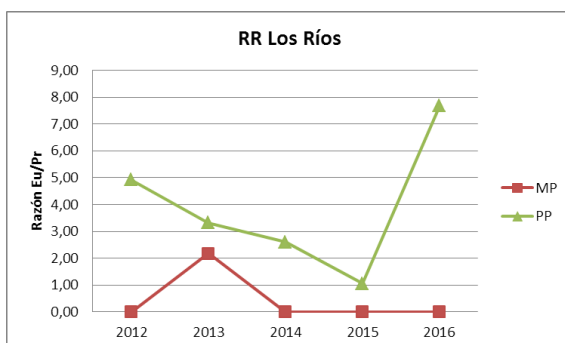


**Figura N° 22**  
**RAZÓN DE REFORESTACIÓN POR TIPO DE PROPIETARIO REGIÓN DE LA ARAUCANÍA**

### - Región de los Ríos

Como se indicó anteriormente, los MP de Los Ríos mostraron muy baja superficie reforestada de las tres especies, por lo que varios años la RR tuvo valores indefinidos (división por cero). Esta situación se aprecia en la Figura N° 23.

En tanto los PP presentaron razones de 5 en el año 2012, con tendencia descendente hasta el año 2015, para alcanzar el máximo el 2016 (RR 7,67).



**Figura N° 23**  
**RAZÓN DE REFORESTACIÓN POR TIPO DE PROPIETARIO REGIÓN DE LOS RÍOS**

## - Región de Los Lagos

La nula reforestación con pino radiata por parte de los MP los cuatro primeros años y con eucaliptos en algunos años incide en que la RR muestre valores indefinidos o cero (Figura N° 24).

Los PP de la región exhibieron una razón con tendencia al alza durante todo el período de análisis, con RR 1,7 el año 2012 hasta alcanzar el máximo 3,8 en el año 2016.

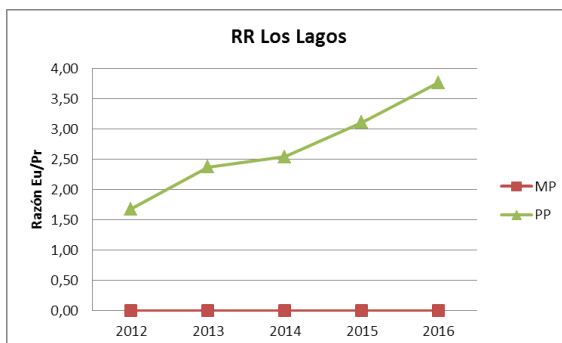


Figura N° 24  
RAZÓN DE REFORESTACIÓN POR TIPO DE PROPIETARIO REGIÓN DE LOS LAGOS

## CONCLUSIONES

En todas las regiones administrativas del área de estudio el mayor aporte en superficie de reforestación correspondió al segmento de los pequeños propietarios, con el 81% de la superficie reforestada con pino radiata, el 89% de la reforestada con *Eucalyptus globulus* y el 94% de aquella reforestada con *Eucalyptus nitens*.

Las superficies reforestadas con estas especies variaron a través de las regiones, siendo Bio Bio con 49.000 ha, Maule con 39.000 ha y Araucanía con 34.000 ha las regiones con mayor superficie reforestada por pequeños y medianos propietarios durante el periodo 2012-2016.

También existieron variaciones en cuanto a la principal especie plantada; *Eucalyptus globulus* fue la principal especie en las regiones de Valparaíso y Araucanía; pino radiata en la región del Maule y *Eucalyptus nitens* en las regiones de Los Ríos y Los Lagos. En las regiones de O'Higgins y Bio Bio la principal especie plantada por los pequeños propietarios fue *Eucalyptus globulus*, en tanto que para los medianos propietarios fue pino radiata.

En cuanto a la razón de reforestación, también existieron diferencias entre regiones y en algunos casos, entre tipo de propietarios. Los cocientes más altos se encontraron en la región de Valparaíso, tanto en medianos como en pequeños propietarios, con 61 y 23 ha reforestadas, respectivamente, con eucaliptos por cada hectárea reforestada con pino radiata, aunque en medianos propietarios el cociente cae por falta de superficie reforestada con pino radiata en los años 2014 y 2015.

En las regiones de Los Ríos, Los Lagos y Araucanía las razones de reforestaciones también son superiores a 1 para los pequeños propietarios.

En las regiones de O'Higgins y Bio Bio en tanto es superior a 1 para pequeños propietarios e inferior a 1 en medianos propietarios.

En las regiones de Los Ríos y Los Lagos los medianos propietarios presentaron varios

años sin superficies reforestadas con pino radiata (cociente indefinido).

Finalmente, en la región del Maule, tanto medianos como pequeños propietarios presentaron razones de reforestaciones menores que 1, se reforestaron en promedio 0,1 ha y 0,23 ha con eucaliptos, respectivamente, por cada hectárea reforestada con pino radiata.

## REFERENCIAS

**INFOR. 2017.** Anuario Forestal 2017. Boletín Estadístico N° 159. Instituto Forestal, Chile. 175 p.

**INFOR. 2013.** Disponibilidad de Madera de Plantaciones de Pino Radiata y Eucalipto (2010-2040). Informe Técnico N° 194. Instituto Forestal, Chile. 115 p.

**Avila, A, y Muñoz, J. C., 2014.** Tendencias de Cambio de Especies Forestales en Plantaciones de Pequeños y Medianos Propietarios. Publicado en: E: Barros, S. (Ed.) Ciencia e Investigación Forestal, Vol. 20 N° 3. Instituto Forestal, Chile. Pp: 53-70.

**APÉNDICE N° 1**  
**SUPERFICIE REFORESTADA POR REGIÓN, ESPECIE Y TIPO DE PROPIETARIO**

**Región de Valparaíso Mediano Propietario**

Año	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Pino radiata	Total
	( ha )			
2012	431,5	0,0	32,0	463,5
2013	470,3	0,0	7,7	478,0
2014	878,5	0,0	0,0	878,5
2015	0,0	0,0	0,0	0,0
2016	259,7	0,0	176,8	436,5
<b>Total</b>	<b>2.039,9</b>	<b>0,0</b>	<b>216,5</b>	<b>2.256,4</b>
<b>Promedio</b>	<b>408,0</b>	<b>0,0</b>	<b>43,3</b>	<b>451,3</b>

**Región de Valparaíso Pequeño Propietario**

Año	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Pino radiata	Total
	( ha )			
2012	982,3	0,0	41,9	1.024,2
2013	1.556,8	0,0	79,5	1.636,3
2014	1.385,1	0,0	98,8	1.483,9
2015	0,0	0,0	15,2	15,2
2016	631,0	0,0	143,8	774,8
<b>Total</b>	<b>4.555,2</b>	<b>0,0</b>	<b>379,2</b>	<b>4.934,4</b>
<b>Promedio</b>	<b>911,0</b>	<b>0,0</b>	<b>75,8</b>	<b>986,9</b>

**Región de O'Higgins Mediano Propietario**

Año	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Pino radiata	Total
	( ha )			
2012	344,7	0,0	806,2	1.150,9
2013	44,2	0,0	399,0	443,2
2014	0,0	0,0	420,7	420,7
2015	0,0	0,0	420,7	420,7
2016	26,1	0,0	515,6	541,6
<b>Total</b>	<b>415,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2.562,2</b>	<b>2.977,1</b>
<b>Promedio</b>	<b>83,0</b>	<b>0,0</b>	<b>512,4</b>	<b>595,4</b>



### Región de O'Higgins Pequeño Propietario

Año	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Pino radiata	Total
	( ha )			
2012	1.490,9	0,0	1.031,9	2.522,9
2013	1.871,8	0,0	1.060,2	2.932,0
2014	2.219,7	0,0	876,0	3.095,6
2015	213,7	0,0	298,8	512,5
2016	1.209,6	0,0	1.156,6	2.366,1
<b>Total</b>	<b>7.005,8</b>	<b>0,0</b>	<b>4.423,4</b>	<b>11.429,2</b>
<b>Promedio</b>	<b>1.401,2</b>	<b>0,0</b>	<b>884,7</b>	<b>2.285,8</b>

### Región del Maule Mediano Propietario

Año	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Pino radiata	Total
	( ha )			
2012	446,7	0,0	1.215,2	1.661,8
2013	62,9	0,0	1.097,8	1.160,7
2014	0,0	0,0	980,5	980,5
2015	0,0	0,0	1.323,9	1.323,9
2016	46,8	0,0	733,7	780,5
<b>Total</b>	<b>556,4</b>	<b>0,0</b>	<b>5.351,1</b>	<b>5.907,5</b>
<b>Promedio</b>	<b>111,3</b>	<b>0,0</b>	<b>1.070,2</b>	<b>1.181,5</b>

### Región del Maule Pequeño Propietario

Año	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Pino radiata	Total
	( ha )			
2012	1.138,7	0,0	6.205,2	7.343,8
2013	2.198,3	0,0	6.001,5	8.199,8
2014	1.413,3	29,7	5.752,9	7.195,9
2015	132,6	0,0	1.538,5	1.671,1
2016	1.887,5	0,0	7.469,9	9.357,4
<b>Total</b>	<b>6.770,4</b>	<b>29,7</b>	<b>26.968,0</b>	<b>33.768,1</b>
<b>Promedio</b>	<b>1.354,1</b>	<b>5,9</b>	<b>5.393,6</b>	<b>6.753,6</b>

### Región del Bio Bio Mediano Propietario

Año	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Pino radiata	Total
	( ha )			
2012	166,1	199,9	755,3	1.121,3
2013	209,4	0,0	1.155,0	1.364,5
2014	99,0	0,0	746,7	845,7
2015	42,1	0,0	123,3	165,4
2016	1.147,9	0,0	905,3	2.053,3
<b>Total</b>	<b>1.664,6</b>	<b>199,9</b>	<b>3.685,7</b>	<b>5.550,2</b>
<b>Promedio</b>	<b>332,9</b>	<b>40,0</b>	<b>737,1</b>	<b>1.110,0</b>

### Región del Bio Bio Pequeño Propietario

Año	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Pino radiata	Total
	( ha )			
2012	4.802,5	396,1	3.985,7	9.184,3
2013	5.199,6	472,4	3.464,3	9.136,3
2014	5.913,8	711,5	4.422,9	11.048,2
2015	553,2	130,1	944,2	1.627,6
2016	6.947,8	563,1	5.106,9	12.617,8
<b>Total</b>	<b>23.417,0</b>	<b>2.273,3</b>	<b>17.923,9</b>	<b>43.614,2</b>
<b>Promedio</b>	<b>4.683,4</b>	<b>454,7</b>	<b>3.584,8</b>	<b>8.722,8</b>

### Región de la Araucanía Mediano Propietario

Año	<i>E globulus</i>	<i>E nitens</i>	Pino radiata	Total
	( ha )			
2012	459,0	242,2	86,0	787,2
2013	201,4	0,0	297,9	499,3
2014	259,8	0,0	62,6	322,3
2015	458,1	0,0	387,6	845,7
2016	1.058,6	0,0	1.007,0	2.065,6
<b>Total</b>	<b>2.436,9</b>	<b>242,2</b>	<b>1.841,0</b>	<b>4.520,1</b>
<b>Promedio</b>	<b>487,4</b>	<b>48,4</b>	<b>368,2</b>	<b>904,0</b>

### Región de la Araucanía Pequeño Propietario

Año	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Pino radiata	Total
	( ha )			
2012	2.174,4	1.002,6	1.266,2	4.443,2
2013	2.075,4	914,4	1.547,2	4.536,9
2014	2.788,3	616,9	1.588,9	4.994,1
2015	4.956,9	638,8	2.695,1	8.290,8
2016	4.645,5	793,2	2.235,8	7.674,5
<b>Total</b>	<b>16.640,5</b>	<b>3.965,7</b>	<b>9.333,3</b>	<b>29.939,5</b>
<b>Promedio</b>	<b>3.328,1</b>	<b>793,1</b>	<b>1.866,7</b>	<b>5.987,9</b>

### Región de los Ríos Mediano Propietario

Año	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Pino radiata	Total
	( ha )			
2012	0,0	0,0	0,0	0,0
2013	0,0	7,4	3,4	10,8
2014	0,0	0,0	0,0	0,0
2015	0,0	0,0	0,0	0,0
2016	0,0	0,0	2,5	2,5
<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>7,4</b>	<b>5,9</b>	<b>13,3</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>	<b>1,2</b>	<b>2,7</b>

### Región de los Ríos Pequeño Propietario

Año	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Pino radiata	Total
	( ha )			
2012	199,5	546,8	151,7	897,9
2013	396,3	581,2	294,9	1.272,4
2014	235,1	477,8	274,6	987,5
2015	26,9	138,6	157,5	323,0
2016	313,9	693,1	131,4	1.138,3
<b>Total</b>	<b>1.171,6</b>	<b>2.437,4</b>	<b>1.010,1</b>	<b>4.619,1</b>
<b>Promedio</b>	<b>234,3</b>	<b>487,5</b>	<b>202,0</b>	<b>923,8</b>

### Región de los Lagos Mediano Propietario

Año	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Pino radiata	Total
	( ha )			
2012	115,8	209,7	0,0	325,5
2013	0,0	0,0	0,0	0,0
2014	0,0	0,0	0,0	0,0
2015	56,5	0,0	0,0	56,5
2016	0,0	0,0	47,8	47,8
<b>Total</b>	<b>172,3</b>	<b>209,7</b>	<b>47,8</b>	<b>429,8</b>
<b>Promedio</b>	<b>34,5</b>	<b>41,9</b>	<b>9,6</b>	<b>86,0</b>

### Región de los Lagos Pequeño Propietario

Año	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Pino radiata	Total
	( ha )			
2012	109,4	116,3	134,3	359,9
2013	150,5	197,0	146,4	493,9
2014	192,9	179,1	146,4	518,4
2015	53,3	243,1	95,3	391,6
2016	203,6	518,5	191,7	913,7
<b>Total</b>	<b>709,6</b>	<b>1.254,0</b>	<b>714,0</b>	<b>2.677,6</b>
<b>Promedio</b>	<b>141,9</b>	<b>250,8</b>	<b>142,8</b>	<b>535,5</b>

**APÉNDICE N°2  
RAZÓN DE REFORESTACIÓN POR REGIÓN, AÑO Y TIPO DE PROPIETARIO**

**Región de Valparaíso**

<b>Año</b>	<b>Mediano Propietario</b>	<b>Pequeño Propietario</b>
2012	13,5	23,4
2013	61,1	19,6
2014	indefinido	14,0
2015	indefinido	0,0
2016	1,5	4,4

**Región de O'Higgins**

<b>Año</b>	<b>Mediano Propietario</b>	<b>Pequeño Propietario</b>
2012	0,4	1,4
2013	0,1	1,8
2014	0,0	2,5
2015	0,0	0,7
2016	0,1	1,0

**Región del Maule**

<b>Año</b>	<b>Mediano Propietario</b>	<b>Pequeño Propietario</b>
2012	0,4	0,2
2013	0,1	0,4
2014	0,0	0,3
2015	0,0	0,1
2016	0,1	0,3

**Región del Bio Bio**

<b>Año</b>	<b>Mediano Propietario</b>	<b>Pequeño Propietario</b>
2012	0,5	1,3
2013	0,2	1,6
2014	0,1	1,5
2015	0,3	0,7
2016	1,3	1,5

### Región de la Araucanía

Año	Mediano Propietario	Pequeño Propietario
2012	8,2	2,5
2013	0,7	1,9
2014	4,2	2,1
2015	1,2	2,1
2016	1,1	2,4

### Región de los Ríos

Año	Mediano Propietario	Pequeño Propietario
2012	indefinido	4,9
2013	2,2	3,3
2014	indefinido	2,6
2015	indefinido	1,1
2016	0,0	7,7

### Región de los Lagos

Año	Mediano Propietario	Pequeño Propietario
2012	indefinido	1,7
2013	indefinido	2,4
2014	indefinido	2,5
2015	indefinido	3,1
2016	0,0	3,8

## RESUMEN

Se presenta y discute el concepto de genética de comunidades, entendido como un marco teórico que unifica los dominios de la genética de poblaciones y la ecología de comunidades, con el objeto de comprender desde los mecanismos base de la evolución de un organismo en una comunidad, hasta identificar el rol de la diversidad genética en la generación de patrones en las comunidades.

Se identifican situaciones donde la genética de comunidades podría tener un rol potenciador en las actuales y futuras iniciativas de conservación y restauración de bosques templados de Chile, donde en atención a la cantidad de especies y posibles híbridos se presenta como un potencial escenario a explorar.

**Palabras clave:** Genética de comunidades, conservación y restauración de bosques.

## SUMMARY

It is presented and discussed the concept of community genetics, understood as a theoretical framework that unifies the domains of population genetics and community ecology, in order to understand from the mechanisms underlying the evolution of an organism in a community, to identify the role of genetic diversity in the generation of patterns in communities.

Situations are identified where the community genetics could have an enhancing role in the current and future of conservation and restoration initiatives of temperate forests of Chile, where, considering the quantity of species and their possible hybrids, appears as a potential scenario to explore.

**Key words:** Community genetics, forests conservation and restoration.

## INTRODUCCION

Tradicionalmente la genética ha permitido comprender el traspaso de características deseables (rasgos) desde los progenitores a la descendencia y entender cómo estos rasgos son afectados por el ambiente (Vavilov, 2009; Bradshaw, 2016; Osakabe *et al.*, 2016; Tiwari, 2017). El análisis estadístico de las fuentes de variación, o genética cuantitativa, impulsó el desarrollo tecnológico de programas de mejoramiento genético en plantas y animales, estableciendo que la correcta evaluación de la variación genética es el punto crucial para una acertada conclusión y toma de decisiones en dichos programas (Falconer y MacKay, 1996).

El conocimiento de la variabilidad genética también permite comprender la evolución de las poblaciones de las especies (Fisher, 1930; Haldane, 1932), cuya dinámica es promovida principalmente durante la reducción y/o expansión de las poblaciones ante cambios ambientales, los cuales moldean los patrones observables de diferenciación específica a través de respuestas de selección y adaptación (Woodward, 1987; Hewitt, 2000; Longley *et al.*, 2001; De Mazancourt *et al.*, 2008; Perfecti *et al.*, 2009; Norberg *et al.*, 2012; Franks *et al.*, 2013). Es por ello que la identificación inequívoca de genes y el monitoreo de los cambios en las frecuencias alélicas, aun en *loci* neutros, constituye una aproximación deseada para comprender la evolución de las poblaciones (Ipinza, 2015; Gallo *et al.*, 2006).

Desde mediados del siglo pasado se aplica la genética a niveles superiores (i.e., poblaciones, comunidad y ecosistemas) con el objeto de entender la distribución de los genes en el espacio, disciplina que recibió el nombre de Genética de Poblaciones (Hartl, 1980), y de la cual se desprenden los principios teóricos que permiten entender la dinámica de las poblaciones a nivel espacial, con parámetros tales como la distancia genética o la relación entre distancia genética y geográfica, y entender también los procesos evolutivos a nivel de población (Wright, 1931; 1943; Cavalli-Sforza y Edwards, 1967; Nei, 1973; 1977). El siglo XXI trajo avances en áreas tales como biología molecular, ecología del paisaje y estadística espacial (Longley *et al.*, 2001; Marjoram y Tavaré, 2006; Pickrell and Pritchard, 2012; Beck, 2013), lo que permitió mejorar la comprensión de la implicancia de la genética a niveles superiores, desarrollándose nuevos enfoques a partir de la Genética de Poblaciones tales como la Genética de Paisaje (Wheeler y Neale, 2013; Fitzpatrick y Keller, 2014) y la Ecología Molecular (Eguiarte y Souza, 2007; Narum *et al.*, 2013).

A diferencia de la Genética de Poblaciones, la Genética del Paisaje considera los atributos del paisaje para explicar la estructura genética, tales como montañas, ríos, ciudades, otros, los cuales funcionan como barreras, así como otros atributos que facilitan el movimiento de individuos (corredores), asimismo, también evalúa variables ambientales como temperatura, humedad, altitud y otras, con el fin de medir la relación entre dichas variables y procesos de micro y macroevolución, tales como flujo génico, deriva génica, selección o especiación (Manel *et al.*, 2003; Sork and Waits, 2010).

Desde otra perspectiva, la Ecología Molecular se puede resumir como el empleo de herramientas moleculares para resolver problemas ecológicos, solucionando los problemas clásicos de la ecología de poblaciones: ¿cómo definir una población?; ¿dónde acaba y dónde inicia?; ¿cómo analizar a las poblaciones híbridas? y ¿cuáles son realmente las especies que les dieron origen?, siendo a menudo confundida con genética de poblaciones (Eguiarte y Souza, 2007)

Las disciplinas mencionadas constituyen un marco lógico que permite conocer las causas de la variación intraespecífica de las poblaciones, lo que ha tenido grandes implicancias en:

Optimizar los programas de mejoramiento genético de especies de interés económico (Tooker y Frank, 2012; Muranty *et al.*, 2014).

Comprender los efectos ecológicos de la diversidad genética para anticipar los cambios en la estructura y función de las poblaciones, información útil en el diseño de estrategias de conservación en poblaciones naturales (Souto *et al.*, 2014).

Revelar la importancia de la diversidad genética en la restauración de ecosistemas degradados, informando si el hábitat a restaurar debería manejarse con una combinación de genotipos de las especies componentes (Ipinza y Gutiérrez, 2014).

Si bien un creciente número de estudios provee evidencia de la importancia de la variabilidad genética a niveles superiores, por mucho tiempo estos estudios se limitaron solo a comprender la evolución de las poblaciones *per se* (Whitham *et al.*, 2003), dejando fuera las interacciones ecológicas que existen entre las diferentes poblaciones de especies (i.e., mutualismo, comensalismo, parasitismo, otras).

Posteriormente, la motivación por comprender cómo los procesos evolutivos y/o ecológicos de las especies de una comunidad tienen lugar en las mismas escalas de tiempo, y cómo estos procesos podrían estar correlacionados, ha abierto una nueva perspectiva a la cual se ha denominado genética de comunidades (Driebe and Whitham, 2000; Whitham *et al.*, 2003; 2006; Whitlock, 2014).

## GENÉTICA DE COMUNIDADES

El término genética de comunidades fue introducido por Antonovic (1992) como un moderno intento de integrar la ecología de comunidades y la genética cuantitativa para comprender los procesos de evolución a niveles superiores. Entender este enfoque requiere utilizar la



comunidad en un marco evolutivo (Whitham *et al.*, 2003; Fisher *et al.*, 2004), definido por las interacciones genéticas y ecológicas que existen entre las especies que la componen. Existen dos perspectivas para comprender la genética de comunidades:

La perspectiva *Reduccionista*, derivada del concepto individualista de comunidad (Gleason, 1927), la cual se basa en los rápidos cambios ambientales (antropogénicos o naturales) que afectan a una comunidad. Su enfoque es documentar cómo estos cambios catalizan el flujo de abundancia de individuos en comunidades multi-especies y, consecuentemente cómo alteran la composición genética de los miembros de la comunidad, proporcionando materia prima para que actúe la selección natural. En este sentido es necesario la incorporación de la dinámica espacial y la biología de la población de las especies interactuantes, para predecir el efecto ecológico y evolutivo de los cambios ambientales.

La perspectiva *Holística*, que trata de entender cómo algunos genes particulares y/o combinaciones de estos en una especie clave de la comunidad, pueden alterar la estructura, composición y función de la comunidad u ecosistema a la cual pertenecen (Agrawal, 2003). Para consensuar conceptos, a partir de este punto el artículo hará énfasis en la perspectiva holística.

Si bien la genética de comunidades posee ciertas limitaciones derivadas del gran número de especies que forman una comunidad, de los diferentes genotipos de especies, sobre todo en plantas que naturalmente forman híbridos (Arnold 1997; Orians 2000), y de las complejas interacciones que envuelven a los diferentes grupos taxonómicos, es necesario hacer este salto conceptual, dado que en condiciones naturales las especies no se desarrollan en el vacío, sino más bien son el producto de las interacciones con otras especies y el ambiente. (Whitham *et al.*, 2003; 2006).

## CONSECUENCIAS DEL FENOTIPO EXTENDIDO

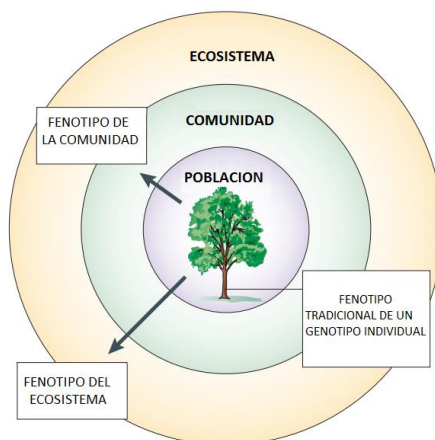
El creciente número de estudios acerca de genética de comunidades (Driebe y Whitham, 2000; Treseder y Vitousek, 2001; Madritch y Hunter, 2002; McIntyre y Whitham, 2003; Schweitzer *et al.*, 2004, 2005; Wimp *et al.*, 2005; Bailey *et al.*, 2006; Bangert *et al.*, 2006; Fisher *et al.*, 2006; Leroy *et al.*, 2006; Bailey 2011; Schweitzer *et al.*, 2011; Bailey *et al.*, 2012; Woolbright *et al.*, 2014) ha dejado en evidencia cómo algunos genes considerados de alto alcance, especialmente aquellos expresados en especies claves, presentan un fenotipo más allá de un nivel individual o poblacional, teniendo consecuencia a nivel de comunidad y ecosistema, lo que Dawkins (1999) tempranamente denominó como el Fenotipo Extendido, y el cual es heredable (Figura N° 1, Caja N° 1).

Considerando lo anterior se pueden plantear dos hipótesis:

Diferentes genotipos de especies consideradas claves dentro una comunidad, podrían soportar diferentes comunidades asociadas.

A medida que aumenta la diversidad genética en una especie clave también lo hace la diversidad de la comunidad asociada.

Si ambas hipótesis pueden demostrarse tomando en cuenta el rol de la diversidad genética en la adaptación entonces es posible afirmar que la variación genética intraespecífica de las especies claves puede afectar la supervivencia de las especies relacionadas dentro la comunidad, y por consecuencia la función del ecosistema (Caja N° 2), lo que tiene importantes implicaciones para la conservación, restauración y manejo de ecosistemas (Wimp *et al.*, 2005).



(Fuente: Adaptado de Whitham *et al.*, 2006).

**Figura N° 1**  
**REPRESENTACIÓN DEL FENOTIPO EXTENDIDO**

### Caja N° 1

#### Resumen de Conceptos Claves Utilizados en este Artículo

(Adaptado de Whitham *et al.*, 2003)

**AFLP:** (*del inglés, Amplified Fragment Length Polymorphism*). Tipo de marcador molecular basado en la restricción de fragmentos de ADN mediante enzimas de restricción con la consecuente amplificación mediante reacción de cadena de la polimerasa.

**Comunidad:** Asociación de especies interactuantes que viven en un mismo lugar.

**EGII:** (Efectos Genéticos Indirectos Intraespecíficos). Influencia ambiental en el fenotipo de un individuo, que se debe a la expresión de genes en otro individuo de una especie diferente.

**Especies claves:** Estudios han reconocido que un número pequeño de especies, relativo al tamaño de la comunidad, definen la estructura y los procesos dentro de esta, distinguiéndose dos tipos. Por una parte las denominadas *especies abundantes*, es decir aquellas que tienen un efecto desproporcionado en su ambiente en relación a su abundancia (Paine, 1966) y por otra las *especies claves*, que son aquellas cuyos efectos genéticos trascienden a un nivel de comunidad o ecosistema (Whitham *et al.*, 2003).

**Loci neutros:** Conjunto de alelos (genes) que no tienen implicancia en la eficiencia biológica de una especie, pero sí representa un grado de variabilidad genética.

**Heredabilidad (en Comunidad):** Si las interacciones entre los miembros de una comunidad son pasadas intactas desde la comunidad de progenitores a la comunidad descendiente las interacciones serán heredables a un nivel de comunidad.

**Híbrido:** Progenie de un cruzamiento entre genotipos distintos de forma natural o artificial. En silvicultura, el término es comúnmente utilizado para cruzamientos entre especies, pero también es válido para referirse a cruzamientos entre procedencias, ecotipos, poblaciones o líneas puras.

**Fenotipo extendido:** Un genotipo es expresado tradicionalmente en un fenotipo a nivel de individuo- población. En este contexto, en especies claves la expresión de genes que interactúen con otras especies distintas, producirá un fenotipo a nivel de comunidad u ecosistema, es decir, la

variación del fenotipo de una comunidad o ecosistema está asociado a los efectos genéticos indirectos (EGI) de las especies claves. Este concepto ha sido acuñado como *Fenotipo Extendido* (Figura N° 1), término correspondiente al título del famoso libro de divulgación científica escrito por Richard Dawkins cuyo actual subtítulo es “*el largo alcance del gen*” (Dawkins, 1999).

**Heredabilidad (Individual):** El fenotipo individual puede ser cuantificado mediante herramientas estadísticas de genética cuantitativa clásica, del mismo modo existen enfoques para cuantificar la heredabilidad a niveles superiores.

**Población Interactuante Mínima Viable (PIMV):** (*del inglés, Minimum Viable Interacting Population*). Tamaño mínimo requerido de una población para mantener la diversidad genética a niveles requeridos por especies dependientes e interactuantes.

**RFLP:** (*del inglés, Restriction Fragment Length Polymorphism*). Tipo de marcador molecular basado en la restricción de ADN mediante enzimas de restricción. El polimorfismo lo entrega las diferencias en el tamaño de los fragmentos.

## Caja N° 2

### Estudios de Genética de Comunidades

El objetivo general del creciente número de estudios de genética de comunidades, ha sido intentar comprender el rol de los factores genéticos en la generación de patrones de composición a nivel de comunidad (Martinsen and Whitham, 1994; Dungey *et al.*, 2000; Wimp *et al.*, 2005; Bailey *et al.*, 2006; Bangert *et al.*, 2006; Leroy *et al.*, 2006; Schweitzer *et al.*, 2011) y/o en la regulación de procesos ecosistémicos tales como el ciclo del nitrógeno (Augustine and Frank 2001; Madritch y Hunter, 2002; Fischer *et al.*, 2006), ciclo del agua (Fisher *et al.*, 2004), ciclo de nutrientes (Schweitzer *et al.*, 2004; 2005; 2011) entre otros. Si bien es una perspectiva bajo desarrollo, existe una fuerte evidencia de como el fenotipo extendido puede tener consecuencias a niveles superiores. A continuación se describen dos casos de estudios en lo que se ha demostrado este supuesto.

#### a) Patrones de composición

Bailey *et al.* (2004) testearon la hipótesis de que las diferencias entre genotipos puros e híbridos del genero *Populus* (considerada una especie clave) podrían presentar diferencias fitoquímicas y por ende afectar las preferencias de alimentación del castor americano (*Castor canadensis*). Para su evaluación los investigadores utilizaron como área de estudio riveras naturales con presencia de *P. fremontii*, *P. angustifolia* y sus respectivos híbridos y experimentalmente utilizaron jardines comunes con diferentes genotipos (determinados mediante RFLP), en donde fueron dispuestos ejemplares de castores para dilucidar si existe un patrón de herbivoría explicado por la variabilidad genética de los diferentes especies de *Populus*.

Las mediciones, correspondientes a observaciones tomadas como variables categóricas, fueron analizadas mediante un Test de Chi-cuadrado y mostraron que las preferencias de alimentación de los castores están significativamente determinadas por los genotipos de *P. fremontii* y sus híbridos ( $\chi^2 = 13.94$ ,  $gl = 2$ ,  $P < 0.001$ ). En relación a la composición fitoquímica, este estudio mostró que los castores poseen un patrón de herbivoría selectivo, en otras palabras, se encontró que las preferencias de los castores estaban negativamente correlacionadas ( $F = 18.72$ ,  $gl = 1, 18$ ,  $r^2 = 0.52$ ) con la concentración de taninos condensados en el tejido de la corteza de los genotipos, indicando que la concentración de taninos puede ser uno de los rasgos (heredables) de la planta, que tiene un fenotipo extendido.

#### b) Procesos ecológicos

Genung *et al.* (2010) examinaron experimentalmente la influencia de la diversidad genética sobre el proceso ecológico de polinización, utilizando jardines comunes evaluaron el efecto de 21 genotipos (determinados mediante AFLP), clonalmente replicados de *Solodago altissima* (considerada una especie clave), sobre algunos parámetros tales como abundancia floral de las plantas (número de

inflorescencias), abundancia (cantidad/tiempo) y riqueza de polinizadores (tipos de *taxas*) que visitaban los diferentes genotipos. Se calculó la heredabilidad en sentido amplio para cada uno de estos parámetros, determinándose que los genotipos explicaban de 43 a 73% de la variación en la abundancia floral, y de 56 a 86% de la variación en abundancia de polinizadores, medidos en período 2007 y 2008, respectivamente.

En un segundo análisis se evaluó las correlaciones fenotípicas y genéticas usando análisis de regresión entre la abundancia floral como variable independiente y la abundancia y riqueza de polinizadores como variables dependientes. De este análisis se concluyó que las correlaciones fenotípicas y genéticas muestran coeficientes positivos ( $r^2 = 0,47 - 0,67$ ) y que además siguen un patrón a través de los años de medición. Estos resultados sugieren que la diversidad genotípica de la planta a nivel poblacional, podría tener un impacto directo en la abundancia floral, lo que indirectamente afecta la abundancia de visitantes. Congruentemente con el concepto de fenotipo extendido, los resultados proporcionan evidencia de que la variación genética tiene efectos extendidos sobre la abundancia y riqueza de visitantes de flores (a través de los efectos sobre las visitas), es decir los genotipos con mayor abundancia floral (rasgo heredable,  $H^2 = 0,43 - 0,73$ ) atraen mayor cantidad de polinizadores. Si bien existen estudios que muestran que el aumento en la abundancia floral atrae una mayor cantidad de polinizadores, existen pocos estudios que muestran este patrón a nivel genético.

En conclusión, en ambos ejemplos se muestra como algunos rasgos definidos genéticamente, por lo que puede cuantificarse, tienen consecuencias a nivel de comunidad, por lo que soportan el concepto de fenotipo extendido.

## APLICACIÓN EN ESTRATEGIAS DE CONSERVACION EN ECOSISTEMAS FORESTALES

La incorporación de herramientas de diferentes disciplinas en el desarrollo de soluciones, contribuye a optimizar los recursos humanos, financieros y técnicos. Es por ello que vistos los esfuerzos que se están realizando para llegar a la ordenación forestal sostenible (Ipinza, 2015), es necesario tener una visión conjunta de los ecosistema forestales, siendo la genética de comunidades una herramienta que da soporte a esta visión.

Aunque desde hace años se reconoce la importancia de conservar la diversidad genética de las especies leñosas en cualquier estrategia de conservación, restauración y manejo de ecosistemas forestales (Whitham *et al.*, 2003; Ipinza, 2015), la importancia de la diversidad genética a nivel de comunidad aún ha sido poco apreciada.

No obstante, si se considera que la conservación de una especie en particular se relaciona con un subconjunto de genomas de otras especies, entonces su supervivencia está estrechamente ligada a la conservación de las especies que poseen estos genomas específicos (EGII, Caja N° 1). Consecuentemente, es más preciso conservar las especies y sus genotipos asociados, que conservar todos los individuos de la población de las otras especies. En este punto, la conservación de una especie se debe pensar como el tamaño de Población Interactuante Mínima Viable (PIMV) (Caja N° 1), la cual representa de mejor manera la conservación de las especies y sus interacciones (Whitham *et al.*, 2003). Es en esta falencia donde se puede integrar la genética de comunidades como un elemento facilitador para entender ecosistemas complejos, unificando campos diversos, desde la genética hasta los estudios de ecosistemas (Schweitzer *et al.*, 2004), permitiendo mejorar la comprensión de la función de los genes a nivel de ecosistema, en la medida que se usa esta información para mejorar las estrategias.

Si bien no existe un modelo *a priori* para integrar esta nueva perspectiva, existen tres pasos que deben ser considerados:

Primero, determinar las especies claves y las relaciones ecológicas que existen entre estas especies y especies asociadas.

Segundo, determinar si estas relaciones tienen una base genética y si es posible medir la heredabilidad de estas relaciones. Una vez realizado este paso, es esperable que

especies genéticamente similares soporten comunidades similares. En este punto es clave el uso de herramientas de biología molecular, al respecto, si bien en el pasado los estudios de diversidad genética y de genética adaptativa mediante el uso de marcadores moleculares, solían ser posibles solo para un conjunto *a priori* de candidatos o para un conjunto limitado de *loci* al azar, debido al número restringido de marcadores disponibles y al costo de la realización de los ensayos, hoy las nuevas técnicas moleculares permiten evaluar una gran cantidad de variables alélicas a un costo y tiempo reducido (Elshire *et al.*, 2011). Además, con el desarrollo de la genómica es cada vez más sencillo secuenciar masivamente el genoma de las especies y contar con secuencias de genes cuya función sea conocida, de tal manera que puedan realizarse estudios de asociación genotipo-fenotipo.

Tercero, a partir del razonamiento de los pasos anteriores, se logra un cierto poder predictivo sobre la estructura y funcionamiento de las comunidades o ecosistemas, basado en el conocimiento de los genotipos de las especies claves, información que puede ser utilizada para diagnosticar el estado de una comunidad o ecosistema y, consecuentemente, proponer estrategias para mejorar estrategias de conservación, restauración y manejo de ecosistemas forestales.

En Chile, el Instituto Forestal (INFOR), a través de su línea de Conservación y Mejoramiento Genético, ha identificado situaciones donde la genética de comunidades podría tener un rol potenciador en las actuales y futuras iniciativas de conservación y restauración de bosques templados, donde en atención a la cantidad de especies y posibles híbridos se presenta como un potencial escenario a explorar.

Si se consideran los avances en la restauración de ecosistemas de Chile, particularmente el caso de los bosques siempreverdes del sur, es irrefutable la presencia de especies heliófilas (también llamadas pioneras) y especies dríadas (también llamadas tolerantes), en donde las segundas necesitan del desarrollo de las primeras para que generen las condiciones necesarias para su establecimiento mediante el denominado "efecto nodriza".

Si se analizan las relaciones ecológicas que ocurren en este ejemplo, se puede afirmar que las especies tolerantes tienen una relación de inquilinismo, utilizando a las intolerantes como un abrigo temporal o permanente, sin embargo, desde el punto de vista del manejo forestal, las especies tolerantes podrían estar influyendo sobre la poda natural de las especies pioneras, permitiéndole a estas concentrar su energía en el crecimiento apical.

Además, puede ocurrir que una de las especies tolerantes atraiga a los dispersores, favoreciendo consecuentemente a las especies pioneras, siendo esto una relación de mutualismo y ya no inquilinismo, tal como ya ha sido reportado por Van Ommerem y Whitham (2002). Estos autores demostraron que al examinar la relación entre el muérdago y los enebros como una simple interacción bidireccional, la relación es parasitaria, sin embargo, cuando incluyeron las aves dispersoras de semillas de estas especies, en una interacción de tres vías, se vio una relación mutualista donde el muérdago ayuda a atraer las aves que efectúan la dispersión de los enebros; además se evidenció que esta relación tiene una base genética, y por lo tanto puede ser cuantificable (mediante la heredabilidad). Este último caso podría ser evaluado en los bosques siempreverdes y eventualmente potenciar las estrategias para su restauración.

Otros casos que cabe mencionar son los programas que está llevando a cabo el Instituto Forestal para la restauración de paisajes agrícolas a través del establecimiento de especies nativas de aptitud melífera, en lo que se denominan huertos melíferos (Molina, 2017, Comunicación personal). En este sentido, tal como Genung *et al.* (2010) determinaron que la alta diversidad genética de *Solodago altissima* se correlacionaba con las visitas de las abejas, podría evaluarse si la diversidad genética de algunas especies nativas claves desde el punto de vista productivo, tales como Ulmo (*Eucryphia cordifolia*), Quillay (*Quillaja saponaria*), u otras que se consideren claves, tendría efecto en la actividad de las abejas, y utilizar esta información en el diseño de los huertos melíferos.

## CONCLUSIONES

La genética de comunidades es un área relativamente nueva, pero que adquiere capital importancia para predecir qué especies van a componer finalmente una comunidad determinada. En tal aspecto, los factores abióticos determinan la supervivencia de las especies, mientras que los componentes bióticos mediante competencia, mutualismo u otras interacciones serán los responsables de determinar finalmente que especies permanecen en la comunidad. El enfoque planteado por la genética de comunidades fija entonces un marco conceptual, donde convergen la genética de poblaciones involucrando a la diversidad genética y la ecología de comunidades que involucra a la diversidad de especies.

Como premisa fundamental, esta nueva disciplina plantea que los organismos de una especie responden a la interacción con los de otras especies en función de los genotipos de los interactuantes involucrados, de modo que la composición genética de los mismos tendrá efecto en la estructura de la comunidad resultante. En efecto, la variación genética de una especie dominante puede determinar el ambiente biótico experimentado por el resto de la comunidad.

En el contexto de la conservación y restauración de especies y ecosistemas forestales, la genética de comunidades constituye un nuevo paradigma que puede contribuir al éxito de esas iniciativas y que por lo tanto debe integrarse en las estrategias modernas que persigan tales objetivos.

## REFERENCIAS

**Augustine, D. and Frank, D., 2001.** Effects of migratory grazers on spatial heterogeneity of soil nitrogen properties in a grassland ecosystem. *Ecology* 82: 3149-3162.

**Antonovic, J., 1992.** Toward community genetics. En: **Fritz, R., Simms, E.** (Eds). Plant resistance to herbivores and pathogens: ecology, evolution and genetics. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA. 426-429 pp.

**Arnold, M., 1997.** Natural Hybridization and Evolution. Oxford, University Press, Oxford, UK.

**Agrawal, A., 2003.** Community genetics: New insights into community ecology by integrating population genetics. *Ecology* 84:543-544.

**Bailey, S.; Schweitzer, J.; Rehill, B.; Lindroth, R.; Martinsen, G. and Whitham, T., 2004.** Beavers as molecular geneticists: A genetic basis to the foraging of an ecosystem engineer. *Ecology* 85 (3): 603 – 608.

**Bailey, J.; Wooley, S.; Lindroth, R. and Whitham, T., 2006.** Importance of species interactions to community heritability: A genetic basis to trophic-level interactions. *Ecology Letters* 9: 78–85.

**Bailey, J., 2011.** From genes to ecosystems: a genetic basis to ecosystem services. *Population Ecology* 53:47-52.

**Bailey, J.; Genung, M.; O'Reilly-Wapstra.; Potts, B.; Rowntree, J.; Schweitzer, J. and Whitham, T., 2012.** New frontiers in community and ecosystem genetics for theory conservation, and management. *New Phytologist* 193:24-26

**Bangert, R.; Turek, R.; Rehill, B.; Wimp, G.; Schweitzer, J.; Allan, G.; Bailey, J.; Martinsen, G.; Keim, P.; Lindroth, R. and Whitham, T., 2006.** A genetic similarity rule determines arthropod community structure. *Molecular Ecology* 15: 1379–1391

**Beck, T., 2013.** Principles of ecological landscape design. Washington: Island Press.

**Bradshaw, J., 2016.** Scientific breeding in the twentieth century and future goals. En: *Plant Breeding: Past, Present and Future*. Springer Press. 39-71 pp.

**Cavalli-Sforza, L. and Edwards, A., 1967.** Phylogenetic analysis: Models and estimation procedures. *American Journal of Human Genetics* 19:233-257.

- Dawkins, R., 1999.** The Extended Phenotype. The long reach of the gene. Oxford University Press. Oxford, U.K.
- Driebe, E. and Whitham, T., 2000.** Cottonwood hybridization affects tannin and nitrogen of leaf litter and alters decomposition. *Oecologia* 123: 99-107
- De Mazancourt, C.; Johnson, E. and Barraclough, T., 2008.** Biodiversity inhibits species evolutionary responses to changing environments. *Ecology Letters* 11:380–388.
- Dungey, H.; Potts, B.; Whitham, T. and Li, H., 2000.** Plant genetics affects arthropod community richness and composition: Evidence from a synthetic Eucalypt hybrid population. *Evolution* 54:1938–1946.
- Eguiarte, L. y Souza, V., 2007.** Introducción a la ecología molecular. En: **Eguiarte, L.; Souza, V. y Aguirre, X.** *Ecología Molecular*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 15 – 22 pp.
- Elshire, R.; Glaubitz, J.; Sun, Q.; Poland, J.; Kawamoto, K. and Buckler, E., 2011.** A Robust, Simple Genotyping-by-Sequencing (GBS) Approach for High Diversity Species. *PLoS ONE* 6(5): e19379.
- Falconer, D. and MacKay, T., 1996.** Introduction to Quantitative Genetics. Longman, Harlow, UK.
- Fisher, R., 1930.** Genetical theory of natural selection. Oxford. Clarendon Press.
- Fischer, D.; Hart, S. and Whitham, T., 2004.** Genetic variation in water-use parameters in cottonwoods: Ecosystem implications. *Oecologia* 139: 288-297.
- Fischer, D.; Hart, S.; Rehill, B.; Lindroth, R.; Keim, P. and Whitham, T., 2006.** Do high-tannin leaves require more roots? *Oecologia* 149:668–675
- Fitzpatrick, M. and Keller, S., 2014.** Ecological genomics meets community-level modelling of biodiversity: Mapping the genomic landscape of current and future environmental adaptation. *Ecology Letters* 18:1-16.
- Franks, S.; Weber, J. and Aitken, S., 2013.** Evolutionary and plastic responses to climate change in terrestrial plant populations *Evolutionary Applications* ISSN 1752-4571.
- Gallo, L.; Marchelli, P.; Azpilicueta, M. y Crego, P., 2006.** El uso de marcadores genéticos en el género *Nothofagus*. *Bosque* 27(1): 3-15.
- Genung, M.; Lessard, J.; Brown, C.; Bunn, W.; Cregger, M.; Reynolds, W. N.; Felker-Quinn, E.; Stevenson, M.; Hartley, A.; Crutsinger, G.; Schweitzer, J. and Bailey, J., 2010.** Non-Additive Effects of Genotypic Diversity Increase Floral Abundance and Abundance of Floral Visitors. *PLoS ONE* 5(1): e8711.
- Gleason, H., 1927.** Further views on the succession concept. *Ecology* 8:299–326.
- Haldane, J., 1932.** The causes of evolution. Oxford, England: Macmillan.
- Hartl, D. L., 1980.** Principles of population genetics. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA
- Hewitt, G., 2000.** The genetic legacy of the Quaternary ice ages. *Nature* 405:907–913
- Ipinza, R. y Gutierrez, B., 2014.** Consideraciones genéticas para la restauración ecológica. *Ciencia e Investigación Forestal* 20 (2): 51-70.
- Ipinza, R., 2015.** El papel de la conservación genética. En: **Gutiérrez, B.; Ipinza, R. y Barros, S (Eds).** *Conservación de recursos genéticos forestales: Principios y Prácticas*. Instituto Forestal, Chile. 11-16 pp.
- Leroy, C.; Whitham, T.; Keim, P. and Marks, J., 2006.** Plant genes link forests and streams. *Ecology* 87: 255–261
- Longley, P.; Goodchild, M.; Maguire, D. and Rhind, D., 2001.** *Geographic Information Systems and Science*. New York, Wiley.



- Madritch, M. and Hunter, M., 2002.** Phenotypic diversity influences ecosystem functioning in an oak sandhills community. *Ecology* 83, 2084–2090.
- Manel, S.; Schwartz, M.; Luikart, G. and Taberlet, P., 2003.** Landscape genetics: Combining landscape ecology and population genetics. *Trends in Ecology and Evolution* 18:189-197.
- Marjoram, P. and Tavaré, S., 2006.** Modern computational approaches for analysing molecular genetic variation data. *Nature Reviews: Genetics* 7: 759-770.
- Martinsen, G. and Whitham, T., 1994.** More birds nest in hybrid cottonwoods. *The Wilson Journal of Ornithology* 106:474–481.
- McIntyre, P. and Whitham, T., 2003.** Plant genotype affects long-term herbivore population dynamics and extinction: Conservation and population implications. *Ecology* 84:311–322.
- Muranty, H.; Jorge, V.; Bastien, C.; Lepoittevin, L.; Bouffier, C. and Sanchez, L., 2014.** Potential for marker-assisted selection for forest tree breeding: Lessons from 20 years of MAS in crops. *Tree Genetics & Genomes* 10 (6):1491-1510.
- Narum, S.; Buerkle, C.; Davey, J.; Miller, M. and Hohenlohe, P., 2013.** Genotyping-by-sequencing in ecological and conservation genomics. *Molecular Ecology* 22:2841-2847.
- Nei, M., 1973.** Analysis of Gene Diversity in Subdivided Populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 70(12):3321-3323.
- Nei, M., 1977.** F-statistics and analysis of gene diversity in subdivided populations. *Annals of Human Genetics* 41:225-233.
- Norberg, J.; Urban, M.; Vellend, M.; Klausmeier, C. and Loeuille, N., 2012.** Eco-evolutionary responses of biodiversity to climate change. *Nature Reviews: Genetics* 2:747–751.
- Orians, C., 2000.** The effects of hybridization in plants on secondary chemistry: Implications for the ecology and evolution of plant-herbivore interactions. *American Journal of Botany* 87:1749–1756.
- Osakabe, Y.; Sugano, S. and Osakabe, K., 2016.** Genome engineering of woody plants: Past, present and future. *Journal of Wood Science* 62:217–225.
- Paine, R., 1966.** Food web complexity and species diversity. *American Naturalist* 100:65-75.
- Pickrell, J. and Pritchard, J., 2012.** Inference of Population Splits and Mixtures from Genome-Wide Allele Frequency Data. *PLoS Genet* 8(11): e1002967.
- Perfectti, F.; Picó, F. y Gómez, J., 2009.** La huella genética de la selección natural. *Ecosistemas* 18(1):10-16.
- Schweitzer, J.; Bailey, J., Rehill, B., Martinsen, G., Hart, S., Lindroth, R., Keim, P., Whitham, T. 2004.** Genetically based trait in a dominant tree affects ecosystem processes. *Ecology Letters* 7: 127–134
- Schweitzer, J., Bailey, J.; Hart, S.; Wimp, G.; Chapman, S. and Whitham, T., 2005.** The interaction of plant genotype and herbivory decelerate leaf litter decomposition and alter nutrient dynamics. *Oikos* 110: 133-145.
- Schweitzer, J.; Fischer, D.; Rehill, B.; Wooley, S.; Woolbright, S.; Lindroth, R.; Whitham, T.; Zak, D. and Hart, S., 2011.** Forest gene diversity is correlated with the composition and function of soil microbial communities. *Population Ecology* 53:35–46.
- Sork, V. and, Waits, L., 2010.** Contributions of landscape genetics – approaches, insights, and future potential. *Molecular Ecology*, 19: 3489-3495.
- Souto, C.; Mathiasen, P.; Acosta, M.; Quiroga, M.; Vidal-Russell, R.; Echeverría, C. and Premoli, A., 2014.** Identifying Genetic Hotspots by Mapping Molecular Diversity of Widespread Trees: When Commonness Matters. *Journal of Heredity* 2014: 537-545.



- Tiwari, A., 2017.** Plant Breeding: A prospect in developing world. *Microbiology* 8: 272-278
- Tooker, J. and Frank, S., 2012.** Genotypically diverse cultivar mixtures for insect pest management and increased crop yields. *Journal of Applied Ecology* 49:974–985.
- Treseder, K. and Vitousek, P., 2001.** Potential ecosystem-level effects of genetic variation among populations of *Metrosideros polymorpha* from a soil fertility gradient in Hawaii. *Oecologia* 126:266–275.
- Van Ommeren, R. and Whitham, T., 2002.** Changes in interactions between Juniper and Mistletoe mediated by shared avian frugivores: Parasitism to potential mutualism. *Oecologia* 130:281–288.
- Vavilov, N., 2009.** *Origin and Geography of Cultivated Plants*. Cambridge, Cambridge Univ. Press.
- Whitham, T.; Young, W.; Martinsen, G.; Gehring, C.; Schweitzer, J.; Shuster, S.; Wimp, G.; Fischer, D.; Bailey, J.; Lindroth, R.; Woolbright, S. and Kuske, C., 2003.** Community and ecosystem genetics: A consequence of the extended phenotype. *Ecology*, 84:559-573.
- Whitham, T.; Bailey, J.; Schweitzer, J.; Shuster, S.; Bangert, R.; LeRoy, C.; Lonsdorf, E.; Allan, G.; Di Fazio, S.; Potts, B.; Fischer, D.; Gehring, C.; Lindroth, R.; Marks, J.; Hart, S.; Wimp, G. and Wooley, S., 2006.** A framework for community and ecosystem genetics from genes to ecosystems. *Nature Reviews: Genetics* 7: 510-523.
- Whitlock, R., 2014.** Relationships between adaptive and neutral genetic diversity and ecological structure and functioning: A meta-analysis. *Journal of Ecology* 102:857-872.
- Wheeler, N., Neale, D. 2013.** *Landscape genomics* [Online Learning Module]. Pine Reference Sequence. Extension Foundation. Disponible en: <http://www.extension.org/pages/67919>
- Wimp, G.; Martinsen, G.; Floate, K.; Bangert, R. and Whitham, T., 2005.** Plant genetic determinants of arthropod community structure and diversity. *Evolution* 59(1):61-9.
- Woodward, F., 1987.** *Climate & Plant Distribution*. Cambridge Studies in Ecology. Cambridge University Press. UK. 174 p.
- Woolbright, S.; Whitham, T.; Gehring, C.; Allan, G. and Bailey, J., 2014.** Climate relicts and their associated communities as natural ecology and evolution laboratories. *Trends in Ecology & Evolution* 29: 406-416.
- Wright, S., 1931.** Evolution in Mendelian Populations. *Genetics* 16: 97–159
- Wright, S., 1943.** Isolation by distance. *Genetics* 28:114-138.



## RESUMEN

La apicultura en Chile enfrenta una considerable pérdida de competitividad, como consecuencia de una importante reducción de su producción debida a años de sequía, procesos históricos de deforestación y cambios de uso de suelos forestales a agropecuarios. En los últimos años el cambio climático está afectando la fenología de las especies del bosque esclerófilo, la ventana de floración y la producción de yemas florales del quillay, especie de gran interés para la producción de mieles monoflorales "Premium" de alto valor comercial.

La innovación tecnológica tiene como objetivo aumentar la producción de miel por unidad de superficie anualmente a través del aumento de la ventana floral de quillay en la zona central de Chile, por medio del establecimiento de huertos tecnificados con clones de diferentes procedencias del rango geográfico de distribución de la especie entre las regiones de Coquimbo y Bio Bio. Los clones serán seleccionados por su alta floración, contenido de antioxidantes y tasa de enraizamiento o injertación.

Los huertos serán manejados intensivamente como especies frutales, para maximizar la producción de néctar y polen, y se plantarán otras especies melíferas del bosque esclerófilo, que complementarán la ventana floral del quillay, generando al productor apícola otros ingresos derivados de la cosecha de mieles biflorales o multiflorales, pero de origen botánico conocido. Los rankings genéticos de los clones de Quillay serán obtenidos a partir de los ensayos de progenies de polinización abierta.

## SUMMARY

Honey production in Chile faces a considerable loss of competitiveness, as a result of a significant reduction due to years of drought, historical processes of deforestation and changes in the use of forest to agricultural land. In recent years, climate change is affecting the phenology of sclerophyllous forest species, the flowering window and the production of floral buds of Quillay, species of great interest for the production of monofloral "Premium" honey of high commercial value.

The technological innovation aims to increase the production of honey per unit area annually through the increase of the floral window of Quillay in the central zone of Chile, through the establishment of clonal orchards with different provenances selections of the geographic range of distribution of the species between the regions of Coquimbo and Bio Bio. The clones will be selected for their high flowering, antioxidant content and rate of rooting or grafting.

The orchards will be intensively managed as fruit species to maximize the production of nectar and pollen and other honey species from the sclerophyllous forest will be planted, which will complement the floral window of the quillay, generating to the bee producer other income derived from the harvest of bifloral or multifloral honeys, but of known botanical origin. The genetic rankings of the Quillay clones will be obtained from open pollination progenies.

## INTRODUCCIÓN

En Chile una de las amenazas que tiene la apicultura es el cambio climático que está afectando diferentes ecosistemas productivos del país y disminuyendo la oferta floral para la producción de mieles en cada temporada. La ventana floral y la producción de flores están determinadas por factores genéticos y ambientales. En algunas especies forestales, como *Eucalyptus globulus*, la época de floración tiene un alto control genético ( $H^2 = 0,78 \pm 0,04^{11}$ ) (Jones *et al.*, 2011) y una baja interacción de los genotipos con el año climático. Este aspecto es fundamental para la producción de semillas en los huertos semilleros y frutales por polinización abierta y lo sería también para la apicultura.

Entre los factores ambientales que determinan la floración están el fotoperíodo, las horas frío, las temperaturas medias, mínimas y máximas y la disponibilidad de agua (Bernier and Perilleux, 2005). En las últimas temporadas de floración de quillay en la Región Metropolitana su ventana de floración se ha reducido a 2 - 3 semanas y en algunos casos se ha abortado completamente la producción de yemas florales. Las dificultades entonces para la apicultura en la zona central de Chile están dadas por la escasez de fuentes de polen y néctar, como consecuencia de la histórica deforestación del bosque esclerófilo por la irrupción de la fruticultura, la urbanización y la expansión de la población urbana en la precordillera.

Otro factor relevante en la producción apícola nacional es su bajo nivel de tecnificación en relación a otros países, como Nueva Zelanda que, con un volumen similar a los envíos chilenos, ostenta el tercer lugar como exportador mundial en montos con un solo tipo de miel monofloral de alto valor comercial. En el proceso productivo nacional, en la mayoría de los casos, la materia prima del apicultor para la producción de miel (polen y néctar) presente en los bosques no les pertenece y es de un tercero. Esta situación obliga a la trashumancia o traslado de colmenas a sitios que provean floración adecuada, en la oportunidad requerida, de lo contrario obliga a los apicultores a proveer alimentación complementaria a las colmenas, aumentando así el costo final de la producción de las mieles, disminuyendo los rendimientos, afectando la calidad nutricional, dificultando la certificación de su origen botánico y comprometiendo otros atributos organolépticos de las mieles. La baja oferta floral genera también un mayor riesgo sanitario de las colmenas.

Estas limitaciones restan competitividad al sector apícola de la zona mediterránea ya que muchos apicultores no disponen de terrenos propios con bosque nativo esclerófilo o plantaciones lo que aumenta la incertidumbre del proceso productivo. Se suma a esto que los propietarios no disponen de información silvícola para el manejo de especies melíferas del bosque esclerófilo que poseen en sus terrenos, como *Quilaja saponaria* Mol., *Escalonia pulverulenta* (Ruiz *et Pav.*) Pers., *Trevoa trinervis* Miers y otras que pudieran contribuir a mejorar la alimentación de los apiarios y mejorar la calidad de la miel.

INFOR ha propuesto como alternativa para la producción apícola sustentable el concepto de huerto melífero definido como “una plantación mixta de árboles arbustos y hierbas, con especies de aptitud melífera, preferentemente orientadas a la producción de néctar y polen y manejoo intensivamente para la producción de flores” (Rojas y Perret, 2008; Molina, *et al.*, 2016). Estas plantas pueden ser propagadas en forma sexual, como plantas de semillas o vegetativamente (estacas e injertos homoblásticos o heteroblásticos<sup>12</sup>). Las especies a usar en el huerto deben presentar una composición florística que permita un amplio rango complementario de floración durante el año para la alimentación de las colmenas.

La empresa Manuka Health de Nueva Zelanda es pionera en el desarrollo de una gama creciente de innovadores productos naturales usando las propiedades biológicas de la flora nativa de ese país. La miel de Manuka se vende como Medihoney®, con un valor de 35 dólares australianos por kilo *versus* el valor de 7 dólares australianos por kilo para una miel común solo de consumo alimenticio.

<sup>11</sup>  $H^2$  = heredabilidad genética en sentido amplio cuando se transmiten los caracteres por propagación vegetativa clonal. Parámetro genético que varía entre 1, totalmente heredable, o 0, no existe.

<sup>12</sup> Dependiendo si la púa es injertada sobre el patrón del mismo material genético u otro distante (pudiendo ser hasta especies diferentes). Esto explica la tasa de incompatibilidad o rechazo de los injertos.

Históricamente, la producción de miel de Chile, entre 7 y 11 mil toneladas anuales, se exporta en un 85% a la Unión Europea (ODEPA, 2015), debido básicamente al bajo consumo nacional. Más del 85% de estos envíos se realiza a granel, no fraccionada, sin diferenciación sobre su origen botánico o geográfico local y propiedades derivadas, perdiendo oportunidades de valor agregado que se lograría con diferenciación de la miel y fraccionamiento<sup>13</sup> que podría triplicar su precio (Honorato Subercaseaux, 2009).



**Figura N° 1**  
**MIELES MONOFLORALES DE ALTO VALOR COMERCIAL MUNDIAL**  
**LEATHERWOOD DE AUSTRALIA, QUILLAY Y ULMO DE CHILE**  
**Y MANUKA DE NUEVA ZELANDIA**

Otro ejemplo de mieles monoflorales de fama mundial es *Leatherwood* de la empresa *Tasmanian Honey Company*, el "ulmo" Australiano (<https://tasmanianhoney.com/tasmanian-leatherwood-honey>), conocida como "ambrosía de los dioses", que tiene altos niveles de antioxidantes que son conocidos por sus propiedades antienvjecimiento y antiinflamatorias, y es naturalmente orgánica en virtud del hecho de donde se produce. La miel que las abejas producen es a partir del néctar de la flor de *Eucryphia lucida*, endémica de Tasmania. La miel *Leatherwood* es ligeramente líquida con una cristalización uniforme, una textura suave y cremosa y un color ocre amarillo. El perfume es intenso con notas de aromas balsámicos, que se desarrolla rápidamente en notas frescas y limpias de cítricos y flores blancas. En general, la sensación de comer esta miel es muy placentera, es cremosa, mantecosa, de baja en acidez y se derrite en la boca.

Quillay es una especie endémica y dominante de Chile central, y de gran importancia como fuente de néctar en la producción apícola debido a su amplio gradiente latitudinal. Permite producir mieles únicas, de muy buena calidad y tiene componentes antioxidantes y antimicrobianos (Bridi, 2017; Montenegro and Bridi, 2017), además de ser una materia prima endémica de Chile. Si a esto se suma el hecho que la apicultura se considera una actividad sustentable, se tiene como resultado una alternativa de producción rentable que, a la vez, permite conservar a las comunidades vegetales nativas. Sin embargo, para poder asegurar esa rentabilidad es necesario hacer más eficiente la producción y aumentar el valor de los productos apícolas, lo cual puede lograrse mediante la producción constante de mieles diferenciadas por su origen botánico y por su calidad, en términos de características físicas, químicas y organolépticas.

<sup>13</sup> Valor del producto mismo derivado del envase, etiqueta, frasco u otro que le otorga mayor atractivo.



**Figura N° 2**  
**PLANTACIÓN DE QUILLAY Y FLORACIÓN DE LA ESPECIE**

La innovación tecnológica de la propuesta de INFOR permitiría aumentar la producción, la calidad y la oferta de las mieles certificadas por origen botánico, accediendo a mejores mercados con mejores precios y permitiendo una actividad apícola competitiva y sustentable en la Región Metropolitana.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Aumentar la producción, la calidad y la oferta de las mieles monoflorales de Quillay, permitiendo acceder a mejores mercados, con mejores precios, dando competitividad y sustentabilidad a la actividad apícola en la región mediterránea.

Esto se lograría mediante el establecimiento de huertos melíferos clonales tecnificados de quillay, cuya composición florística, diseño, tecnología y manejo tendrán como objetivo aumentar la producción de mieles monoflorales de alta calidad para los mercados de exportación.

### **Objetivos Específicos**

Seleccionar genotipos de alta floración en diferentes procedencias de quillay (desde la Región de Coquimbo a la Región del Maule) que permitan alargar la ventana floral para la producción de miel monofloral<sup>14</sup>.

Seleccionar especies melíferas acompañantes que permitan complementar la floración de Quillay el resto del año y la producción de mieles biflorales o multiflorales.

Investigar la factibilidad de injertar púas con diferentes épocas de floración en un mismo clon ("clon multifloral").

Extender la ventana de floración para la alimentación de las colmenas con clones con diferentes ventanas de floración y/o multiflorales, disponer de más especies para la producción de mieles y controlar de mejor forma el manejo sanitario de las colmenas.

Diseñar un sistema tecnificado en los huertos que permita aumentar la floración y por ende la disponibilidad de néctar y polen para la máxima producción de miel por hectárea en base a preparación de suelos, riego por aspersión, fertilización o fertirriego, control de malezas, poda de formación de los clones de Quillay mediante espalderas, espaciamento de las especies acompañantes y otras técnicas.

<sup>14</sup> Corresponde a al menos un 45% de la fracción polínica de quillay

## METODOLOGIA PROPUESTA

El proyecto tecnológico propuesto se orienta a la producción sustentable de mieles monoflorales de quillay para el mercado de exportación, con certificación de origen en la zona central de Chile.

Como complemento, se considera la producción de otras mieles (biflorales, poliflorales) durante el resto del año con la plantación de otras especies melíferas de floración precoz.

El desafío tecnológico es maximizar la producción de mieles por unidad de superficie de la vegetación en forma sustentable, con una producción de 1,5 t/ha/año de miel monofloral de quillay.

La mayor oferta floral además generará mayor biodiversidad de los polinizadores. Como consecuencia los apicultores podrán disponer de nuevas fuentes de polen y néctar, y las colmenas recibirán alimentación suplementaria disminuyendo así costos de producción y aumentando las calidades de las mieles monoflorales con una mayor participación de la fracción polínica de las especies de interés comercial.

La propuesta se abordaría en tres etapas, desde la colecta del material genético hasta la instalación de los ensayos de progenies de polinización abierta para la selección de material genético superior para los objetivos buscados y el establecimiento del primer huerto (Figura N° 3).

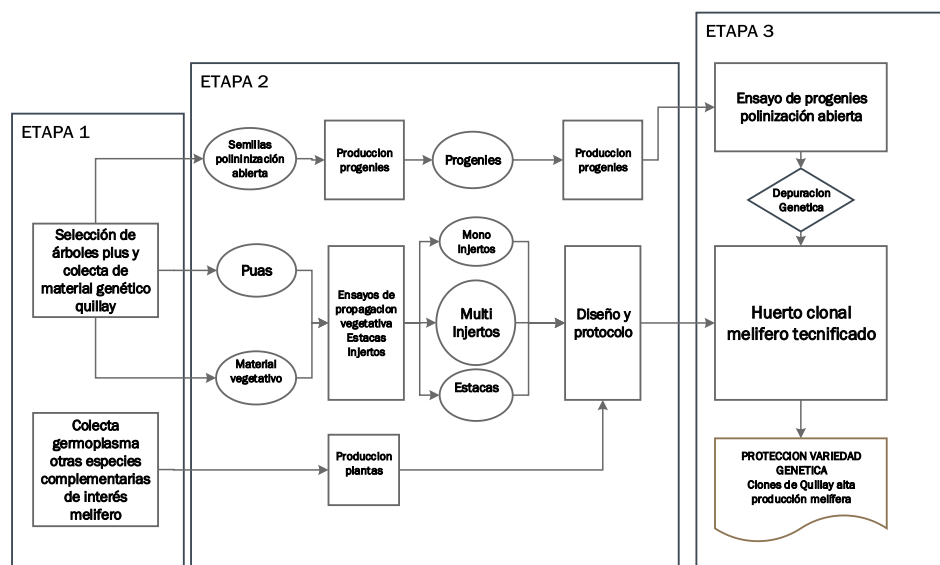


Figura N° 3  
PROPUESTA DE I+D+i PARA LA GENERACIÓN DE MATERIAL GENÉTICO DE QUILLAY DE ALTA CALIDAD MELÍFERA

### Etapa 1

En esta primera etapa se considera la colecta de material vegetativo (púas, rebrotes) y semillas de al menos 5 procedencias geográficas de quillay en su distribución natural, desde la Región de Coquimbo hasta la Región del Bio Bio. En cada procedencia se seleccionarán 20 árboles *plus* considerando cantidad de floración (flores/m<sup>2</sup>) y volumen de copa estimado (m<sup>3</sup>).

A su vez, se colectarán semillas de especies de interés melífero que complementen la floración de quillay. La colección de semillas de los árboles seleccionados de quillay por su alta floración (familias de medios hermanos<sup>15</sup>) servirá para el establecimiento de los ensayos de progenies de polinización abierta. Estos ensayos a su vez determinarán el valor genético de los genotipos de mejor floración de las diferentes procedencias y familias.

## Etapa 2

Considera los ensayos de enraizamiento de estacas de los clones seleccionados en terreno y de injertación. De esta forma se incentivará la floración precoz ya que las plantas de semilla demoran al menos 4 - 5 años antes de la primera floración juvenil y las estacas y/o injertos acortan el inicio de la floración a 2 – 3 años y aumentan exponencialmente la generación de yemas florales, producto de la edad fisiológica del material enraizado y/o injertado.

Además de validar el control genético de la floración con clones de diferentes procedencias geográficas, se injertarán también en un mismo patrón las púas de esas procedencias, de forma de validar si es factible tener un clon con varias floraciones en el huerto.

Santelices (1997) en ensayos de propagación vegetativa de quillay concluye que la especie puede ser propagada fácilmente a partir de estacas en cuatro meses, que aunque no se aprecia un mayor efecto producto de la aplicación de regulador de crecimiento es posible llegar a obtener tasas de arraigamiento de hasta un 45% y que el material tomado de las partes medias y bajas de la copa se obtienen mejores resultados en relación a aquél obtenido de la parte apical, alcanzándose valores de 41% de rizogénesis.

Se considera la técnica de injertación, que consiste en unir una porción de púa en otra ya asentada (patrón, pie o portainjerto), que pueden ser de la misma especie, género o familia (Hartmann y Kester, 1999; Pina and Errea, 2005). El resultado de la unión de ambas porciones de tejido es la continuidad vascular que permite que crezcan como un solo organismo autónomo (Mudge *et al.*, 2009). La injertación es principalmente utilizada para conservar y propagar plantas con características genéticas deseables como mayor productividad, posibilita el uso de patrones resistentes a patógenos o estrés ambiental entre otros, permite acortar el período juvenil de la planta aprovechando la madurez del injerto, para entrar en producción antes que las plantas no injertadas (Valentini y Arroyo, 2003; Goldschmidt, 2014).

Esta técnica ancestral ha sido muy utilizada en especies perennes, como árboles frutales, forestales y ornamentales (Mudge *et al.*, 2009). Sin embargo, a principios del siglo XX también se ha utilizado con éxito en cultivos de hortalizas (Lee and Oda, 2003). También se han obtenido injertos múltiples que permiten tener en una misma planta flores de distintas variedades o varios tipos de frutas (Mudge *et al.*, 2009). En Chile el Instituto Forestal ha utilizado la injertación en especies leñosas nativas de importancia económica para el desarrollo de un programa de mejoramiento genético en especies del género *Nothofagus* (roble, raulí, lenga, coigüe) y *Laurelia sempervirens* (laurel) (Gutiérrez, 2003). Otras iniciativas experimentales de injertación se han realizado en la restauración de bosques degradados (Coopman, 2017).

El objetivo de la presente propuesta es determinar la influencia del genotipo y el tipo de injerto en la floración del quillay para aumentar la ventana de floración de esta especie. Existen diversos tipos de injertos, sin embargo para este estudio se propone usar dos tipos de injertación; yema y púa apical sobre el patrón. La injertación de yema se subdivide en: injerto de yema en T; injerto de parche; injerto de astilla o injerto de chip y la injertación de púa apical se subdivide en hendidura apical, injerto de hendidura doble, injerto de empalme inglés o de lengüeta, empalme inglés, empalme apical, entre otros. Para desarrollar esta etapa de estudio se propone además, obtener un árbol multiinjertado, es decir una injertación múltiple en un patrón que será establecido en el invernadero para controlar las condiciones ambientales. Se propone evaluar el prendimiento de los injertos a los 20, 30 y 45 días.

---

<sup>15</sup> Madre conocida y padres desconocidos



## Etapa 3

Considera el establecimiento de ensayos de progenies de polinización abierta, al menos en 3 sitios de la distribución de la especie, con el objeto de seleccionar genéticamente aquellos genotipos de quillay de mejor aptitud para producción melífera. Estos serían establecidos en diseños de lattice con 4 plantas por parcela lineal y al menos 6 réplicas por ensayo.

El huerto melífero de quillay se establecería inicialmente con los clones de alta floración seleccionados entre las Regiones de Coquimbo y Bio Bio y producidos en los ensayos de enraizamiento y/o injertación. La depuración genética del huerto clonal se obtendría de los ensayos de progenies de polinización abierta. Los rametos de los clones seleccionados se plantarían a una densidad de 4 m entre hileras y 1 m en la hilera. Entre las hileras se plantarían a alta densidad las especies acompañantes, también de interés melífero, que complementarían la floración de Quillay en el año, como *acacia falsa* (*Robinia pseudocacia*), Madroño (*Escallonia pulverulenta*), Corcolén (*Azara serrata*), Tebo (*Trevoa trinervis*) y otras.

El huerto melífero tendría como objetivo producir 1 t de miel monofloral de quillay de exportación por año, para lo cual se necesitarían al menos 60 kg por colmena<sup>16</sup>, un apiario de 25 colmenas para la producción de mieles y una superficie de 1 ha de huerto melíferos bajo un supuesto de 25 cajones/ha.

## COMENTARIOS FINALES

La actividad melífera en Chile enfrenta una considerable pérdida de competitividad (Molina *et al.*, 2016), como consecuencia de una importante reducción de su producción debida a causas conjugadas que incluyen desde años de sequía, hasta los procesos históricos de deforestación y cambios de uso de suelos forestales a agropecuarios.

En los últimos años el cambio climático está afectando la fenología de las especies del bosque esclerófilo, en particular la ventana de floración y la producción de yemas florales del quillay, especie de gran interés para la producción de mieles monoflorales de alto valor comercial.

La escasa tecnificación del proceso de producción melífero, en relación a la oferta floral de polen y néctar, afecta los volúmenes de producción y la calidad de la miel.

Rojas y Perret (2008) y Molina *et al.* (2016) indican que en las regiones con tendencia mediterránea los huertos melíferos son uno de los sistemas que contribuyen a la consolidación del negocio apícola. El éxito de estos depende del desarrollo tecnológico de plantaciones forestales (nativas y exóticas) con especies de aptitudes melíferas diferenciadas, abordando además diferentes productos y servicios derivados de los recursos forestales.

El propósito de los huertos melíferos es complementar el flujo nectarario y ampliar la ventana de floración que se produce en zonas de secano. Chagnon y Lebeau (2013) evidenciaron un aumento en la producción de miel en colmenas ubicadas en huertos melíferos en comparación con apicultura tradicional, siendo los grados brix<sup>17</sup> de la flor el principal atrayente junto con la proximidad a la colmena (eficiencia energética), sin embargo constataron una alta mortalidad por efecto de pesticidas utilizados en huertos aledaños al ensayo, evidenciando el efecto negativo sobre las colmenas de fomentar el uso de estas fuentes de polen como se hace en la actualidad.

La evidencia hace necesario considerar manejos agronómicos, como el riego, poda de formación, raleos y fertilizaciones, orientados a aumentar la producción de flores, cantidad y calidad de néctar, y procurar un desarrollo radicular vigoroso de tal forma de mejorar tolerancia a la sequía. A su vez, la localización y extensión del huerto debe buscar una oferta polínica atractiva y cercana,

<sup>16</sup> Promedio nacional actual es de 25-40 kg/colmena/temporada

<sup>17</sup> Los grados Brix son una unidad de cantidad (símbolo °Bx) y sirven para determinar el cociente total de materia seca (generalmente azúcares) disuelta en un líquido. Una solución de 25 °Bx contiene 30 g de sólido disuelto por 1.000 g de disolución total. Los grados Brix se cuantifican con un refractómetro, detectores de horquillas vibratorias o con un caudalímetro máscico.

de manera de reducir el riesgo de intoxicación de las abejas producto de visitas a huertos con presencia de pesticidas.

La innovación tecnológica propuesta apunta a aumentar la producción de miel por unidad de superficie anualmente a través del aumento de la ventana floral de quillay en la zona central de Chile, por medio del establecimiento de un huerto tecnificado de 1 ha con clones de diferentes procedencias del rango geográfico de distribución de la especie entre las regiones de Coquimbo y Bio Bio.

Los huertos serán manejados intensivamente (riego, podas de formación, fertilización) como especies frutales para maximizar la producción de néctar y polen y entre hileras se plantarán otras especies melíferas del bosque esclerófilo, que complementará la ventana floral del quillay, generando al productor apícola otros ingresos derivados de la cosecha de mieles biflorales o multiflorales, pero de origen botánico conocido.

## REFERENCIAS

**Bernier, G. and Perilleux, C., 2005.** A Physiological Overview of the Genetics of Flowering Time Control. Disponible en: <https://books.google.cl/books?isbn=1461409209>

**Bridi, R., 2017.** Difference between phenolic content and antioxidant capacity of Quillay Chilean Honeys and their separate phenolic extracts. *Revista Ciencia e Investigación Agraria* 44(3):252-261. [www.rceia.uc.cl](http://www.rceia.uc.cl)

**Coopman, R., 2017.** Aplican Técnica de Injertos para Restauración de Bosques Degradados En: <http://www.forestal.uach.cl/noticias/post.php?s=2017-09-29-aplican-tecnica-de-injertos-para-restauracion-de-bosques-degradados>

**Chagnon y Lebeau, 2013.** Cultivation of honey (melliferous) plants to Improve honeybee colony health and productivity while providing valuable crops for the Development of short food chains and rural Development. Université du Québec à Montréal. Apimondia, Kiev.

**Goldschmidt, E., 2014.** Plant Grafting: New Mechanisms, Evolutionary Implications. *Front. Plant Sci.*, <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00727>

**Gutiérrez, B., 2003.** Mejoramiento Genético y Conservación de Recursos Genéticos Nativos en Chile *Invest. Agrar. Sist. Recur. For.* 12(3):145-153

**Hartmann, T. y Kester, D., 1999.** Propagación de Plantas. 7ª ed. México, Compañía Editorial Continental, S.A. Mexico.760p

**Honorato, C. y Subercaseaux, J. P., 2009.** La Apuesta por la Miel Premium. Alternativas para Agregarle Valor. Disponible en: [file:///C:/Users/parojas/Downloads/Apuesta%20miel%20premium%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/parojas/Downloads/Apuesta%20miel%20premium%20(1).pdf)

**Jones, R.; Vaillancourt, R.; Gore, P. and Potts, B., 2011.** Genetic Control of Flowering Time in *Eucalyptus globulus ssp. globulus*. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11295-011-0407-1>

**Lee, J. M. and Oda, M., 2003.** Grafting of Herbaceous Vegetable and Ornamental Crops. *Hort. Rev.* 28:61–124.

**Molina, M. P.; Soto, H.; Gutiérrez, B.; González, J.; Koch, L.; Ipinza, R.; Rojas, P. y Chung, P., 2016.** Especies Forestales Nativas. Una Alternativa para Apoyar a la Agricultura Familiar Campesina y Mejorar el Negocio Apícola. En: Barros, S. (Ed.) *Ciencia e Investigación Forestal Vol 22 N° 3 Diciembre 2016* Instituto Forestal, Chile. Disponible en: <http://www.infor.cl/index.php/revista-cifor>

**Montenegro G. and Bridi, R., 2017.** The value of Chilean Honey: Floral Origin Related to their Antioxidant and Antibacterial activities. INTECH.

**Mudge, K.; Janick, J.; Scofield, S. and Goldschmidt, E. E., 2009.** A History of Grafting. *Hortic. Rev.* 35, 437–493. doi: 10.1002/9780470593776.ch9

**ODEPA, 2015.** Informe Final Estudio Estratégico de la Cadena Apícola de Chile. Ministerio de Agricultura Oficina de Estudios y Políticas Agrarias

**Pina, P. and Errea, P., 2005.** A Rview of New Advances in Mechanism of Graft Compatibility-Incompatibility. *Scientia Hort.* 106:1–11

**Rojas, P. y Perret, S., 2008.** Proyecto Producción de Mielés Diferenciadas de la Región de Coquimbo. INNOVA-CORFO.

**Santelices, R., 1997.** Arraigamiento de Estacas de *Quillaja saponaria* Mol. y *Peumus boldus* Mol. Revista BOSQUE 18(2): 77-85.

**Valentini, G. y Arroyo, L., 2003,** La Injertación en Frutales. Boletín de Divulgación Técnica n.14 ISSN 0327-3237 Eds Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria p 20



## REGLAMENTO DE PUBLICACION

**CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL** es una publicación técnica, científica, arbitrada y seriada, del Instituto Forestal de Chile, en la que se publican 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, de diversos países y de variadas especialidades, que conforma el Comité Editor. De acuerdo al tema de cada trabajo, este es enviado por el Editor a al menos dos miembros del Comité Editor para su calificación especializada. El autor o los autores no son informados sobre quienes arbitran su trabajo y los trabajos son enviados a los árbitros sin identificar al o los autores.

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

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

## ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

### Artículos

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

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

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

**Introducción:** Como lo dice el título, este punto está destinado a introducir el tema, describir lo que se quiere resolver o aquello en lo que se necesita avanzar en materia de información, proporcionar antecedentes generales necesarios para el desarrollo o comprensión del trabajo, revisar información bibliográfica y avances previos, situar el trabajo dentro de un programa más amplio si es el caso, y otros aspectos pertinentes. Los Antecedentes Generales y la Revisión de Bibliografía pueden en ciertos casos

requerir especial atención y mayor extensión, si así fuese, en forma excepcional puede ser reducida la Introducción a lo esencial e incluir estos puntos separadamente.

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

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

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

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

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

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

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

## Apuntes

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

## PRESENTACION DE LOS TRABAJOS

La Revista acepta trabajos en español, inglés y portugués, redactados 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](mailto: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: .... señalaron que... (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 aceptan cuadros y figuras, no así tablas, gráficos, fotos u otras denominaciones. Toda forma tabulada de mostrar información se presentará como cuadro y al hacer mención en texto (Cuadro N° 1). Gráficos, fotos y similares serán presentadas como figuras y al ser mencionadas en texto (Figura N° 1). En ambos casos aparecerán enmarcados en línea simple y centrados en la página. En lo posible su contenido escrito, si lo hay, debe ser equivalente a la letra Arial 10 u 8 y el tamaño del cuadro o figura proporcionado al tamaño de la página.

Cuadros deben ser titulados como Cuadro N° , minúsculas, letra 8, negrita centrado en la parte superior de estos, debajo en mayúsculas, negritas letra 8 y centrado el título (una línea en lo posible). Las figuras en tanto serán tituladas como Figura N° , minúscula, letra 8, negrita, centrado, en la parte inferior de estas, y debajo en mayúsculas, letra 8, negrita, centrado, el título (una línea en lo posible). 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 Real Academia Española (RAE) y el Sistema Internacional de Unidades (SI). Se empleará en todo caso el sistema métrico decimal. Al respecto es conveniente recordar que las unidades se abrevian en minúsculas, sin punto, con la excepción de litro (L) y de aquellas que provienen de apellidos de personas como Watts (W), Newton (N) y otras. Algunas unidades de uso muy frecuente: metro, que debe ser abreviado **m**, metro cúbico **m<sup>3</sup>**, metro ruma **mr**; o hectáreas **ha**, toneladas **t**, metros cúbicos por hectárea **m<sup>3</sup>/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 RTF.

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
PERAL SILVESTRE ( <i>Pyrus piraster</i> (L.) Du Roi) Y SERBAL ( <i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz), DOS ESPECIES DE ALTO VALOR APTAS PARA SER INCORPORADAS EN PLANTACIONES MIXTAS . <b>Loewe, Verónica; Delard, Claudia y Álvarez, Andrea. Chile.</b>	7
SELECCION DE ÁRBOLES PLUS DE CHAÑAR <i>Geoffroea decorticans</i> (Gillies ex Hook. & Arn) Burkart EN BASE A CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS DE CRECIMIENTO Y PRODUCCION FRUTAL. <b>Gutiérrez, Braulio; Gacitúa, Sandra y Villalobos, Enrique. Chile.</b>	21
ESTRATEGIA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO PARA LA UTILIZACIÓN DE <i>Eucalytus nitens</i> COMO MADERA SÓLIDA. AVANCES EN LA SELECCIÓN DE ÁRBOLES. <b>Molina, María Paz; Ipinza, Roberto; Gutiérrez, Braulio; Emhart, Verónica y Borralho, Nuno. Chile.</b>	33
TENDENCIAS EN EL USO DE ESPECIES EN PLANTACIONES DE PEQUEÑOS Y MEDIANOS PROPIETARIOS PERÍODO 2012-2016. <b>Avila, Alberto y Muñoz, Juan Carlos. Chile.</b>	47
<b>APUNTES</b>	
GENÉTICA DE COMUNIDADES, UN ENFOQUE INTEGRAL PARA EL DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN. <b>González, Jorge; Ipinza, Roberto y Gutiérrez, Braulio. Chile.</b>	71
PROPUESTA DE PRODUCCIÓN DE MIEL PREMIUM DE QUILLAY ( <i>Quillaja saponaria</i> Mol.) BASADA EN MATERIAL GENÉTICO SELECTO Y HUERTOS MELÍFEROS CLONALES TECNIFICADOS. <b>Rojas, Patricio; Reyes, María Antonieta; Espejo, Jaime y García Marta. Chile.</b>	83
<b>REGLAMENTO DE PUBLICACIÓN</b>	93

