

CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL



**INSTITUTO FORESTAL
CHILE**



INFOR

VOLUMEN 24 N° 2

**CIENCIA E
INVESTIGACION
FORESTAL**

Agosto 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
<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.

DESARROLLO Y COSTO DE PRODUCCIÓN DE *Pinus ponderosa* Dougl. (ex Laws) DURANTE LAS ETAPAS DE VIVERO Y SECANO EN LA PATAGONIA ARGENTINA EFECTO DE LA SEMILLA, EL SUSTRATO Y EL CONTENEDOR

Sbrancia, R.¹; Dezzotti, A.¹; Mortoro, A.¹;
Attis Beltrán, H.^{1,2} y Velásquez, A.¹

RESUMEN

La producción de plantas en contenedor y con sustrato fertilizado, se lleva a cabo a mayor velocidad y calidad que a raíz desnuda, pero el costo económico y ambiental es mayor. El objetivo de este trabajo fue evaluar sustratos fertilizados, de menor valor económico, y contenedores de diferentes tamaños para la producción de plantas de pino ponderosa destinadas a la forestación en la Patagonia semiárida de la Argentina.

El ensayo de desarrollo inicial se llevó a cabo en invernadero y el de establecimiento en un sitio ubicado a los 42° 21' LS y 71° 5' LO (Chubut, Argentina).

Mediante un diseño factorial se evaluó durante 2 años el diámetro, la altura, el peso, la supervivencia, la calidad y el costo de producción de las plantas, teniendo en cuenta i) semillas provenientes de conos amarillo y violeta, ii) sustratos a) turba perlita + CaO (5 kg/m³ de sustrato) + fertilizante (5 kg/m³ de sustrato), b) aserrín de pino + CaO (5 kg/m³) + fertilizante (10 kg/m³) y c) suelo forestal (horizonte O de suelo de plantación) + fertilizante (10 kg/m³), y iii) contenedores de 120, 160 y 250 cm³.

Las semillas originadas de diferentes conos no afectaron el tamaño, el peso ni los índices de calidad de las plantas. El desempeño de las plantas exhibió una interacción significativa entre el tamaño del contenedor y el tipo de sustrato. El contenedor mediano con suelo forestal fue la opción más adecuada entre las ensayadas, para desarrollar pino ponderosa desde perspectivas productiva, ecológica y económica.

Palabras clave: *Pinus ponderosa*, Patagonia argentina, crecimiento, índices de calidad, forestación.

¹ Universidad Nacional del Comahue, Sede San Martín de los Andes, Argentina.

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina. dezzotti@infovia.com.ar.

SUMMARY

The seedlings production based on the use of container and fertilized substrate is carried out at higher speed and quality compared to bare root methods, but economic and environmental costs can be higher. Substrates composed of materials discarded from the forest activity, fertilizer and different container sizes were evaluated as alternatives for the production of *Pinus ponderosa* (*Pinaceae*) seedlings for dry land afforestation of the Patagonian steppe in Argentina.

The initial development and the establishment trials were carried out, respectively, in a greenhouse and in a farm located at 42° 21' SL and 71° 5' WL (Chubut, Argentina).

Through an experimental factorial design, the performance and cost of production of plants were evaluated over two years, taking into account i) seeds from yellow and violet cones, ii) the substrates a) peat perlite + CaO (with 5 kg/m³ of substrate) + controlled release granular fertilizer (5 kg/m³ of substrate), b) pine sawdust + CaO (5 kg/m³) + fertilizer (10 kg/m³), and c) forest soil (O-horizon of plantation) + and fertilizer (10 kg/m³), and iii) containers of 120, 160 and 250 cm³.

Seeds originated from different cones did not affect the size, weight or quality indices of ponderosa pine seedlings. The plants performance exhibited a significant interaction between container size and substrate type. The medium-size container with fertilized plantation soil, represented the better tested option to grow Ponderosa Pine from the productive, ecological and economic points o view.

Key words: *Pinus ponderosa*, Argentinean Patagonia, plant growth, quality indices, afforestation.

INTRODUCCIÓN

La plantación de árboles es una manera eficiente de desarrollar o restaurar un ecosistema forestal (Gonda *et al.*, 2015). La plántula producida en contenedor mejora el establecimiento y extiende la temporada de plantación, particularmente en los sitios forestales subóptimos (Landis y Morgan, 2009; Hartmann *et al.*, 2010). El desempeño de una planta durante las etapas de vivero y secano depende de factores que interactúan entre sí, que están vinculados a la semilla, el sustrato, los nutrientes, la humedad, el contenedor y el sitio forestal (Landis y Morgan, 2009). La determinación del valor de las variables que promueven diferencias de desempeño inicial de la planta es clave, porque estas diferencias se pueden mantener hasta la cosecha (Landis and Dumroese, 2006).

El contenedor con más espacio de enraizamiento determina un mayor volumen y una estructura más adecuada de la raíz, lo que brinda ventajas morfológicas y fisiológicas a la planta luego de ser plantada en el campo (South *et al.*, 2005; Landis y Morgan, 2009). Sin embargo, la mayor cavidad del contenedor, por un lado implica más tiempo para que la raíz la explore y forme el cepellón y, por otro lado, aumenta el costo individual vinculado al mayor valor del contenedor, el medio de cultivo, el fertilizante y la irrigación, y a la menor capacidad de producción por unidad de área (Landis y Morgan, 2009). El aumento del tiempo y el costo de producción solo se justifica en sitios con alta productividad forestal (Pinto *et al.*, 2011).

En la Patagonia noroccidental de la Argentina, las plantaciones forestales de secano se localizan sobre los faldeos extra-andinos semiáridos de las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut, y ocupan alrededor de 100.000 ha (MAGyP, 2014). El pino ponderosa (*Pinus ponderosa* (Dougl.) Laws, Pinaceae) representa el 95 % de esta área, debido a su capacidad de desarrollo en las condiciones de frío y sequía que prevalecen en esta región (MAGyP, 2014).

Las plantas se producen en contenedores de 110 a 250 cm³ con fertilizante granulado de liberación controlada (FGLC). El sustrato inorgánico comúnmente utilizado es perlita y el orgánico turba (Gallo *et al.*, 2005; Olivo y Buduba, 2006; MAGyP, 2014; Gonda *et al.*, 2015). Estos sustratos son costosos y en particular la turba proviene de la explotación extractiva de humedales dominados por el musgo *Sphagnum* L. (Sphagnaceae) (Larcher and Scariot, 2009).

En el huerto semillero clonal del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, Chubut), los ramets de pino ponderosa con conos violeta maduran alrededor de 15 días antes que los ramets con conos amarillo, y en consecuencia los clones de cada fenotipo se procesan en forma separada (Gallo *et al.*, 2005).

Los clones asociados al color del cono no difieren genotípicamente y no existe información sobre su relación con el desarrollo de esta especie (V. Mondino², com. pers.). Sin embargo, a lo largo de la distribución geográfica natural existen ecotipos de pino ponderosa asociados al color de cono (Callahan, 2013).

OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio fue determinar si el material que proviene del aserrado de la madera y el suelo forestal con acícula de pino, constituye un sustrato biológica y económicamente eficiente para la producción de plantas destinadas a la forestación de secano de la estepa patagónica.

La hipótesis plantea que estos sustratos son adecuados, pero la interacción con el tamaño del contenedor y el color del cono que provee la semilla afectan el desempeño de las plantas.

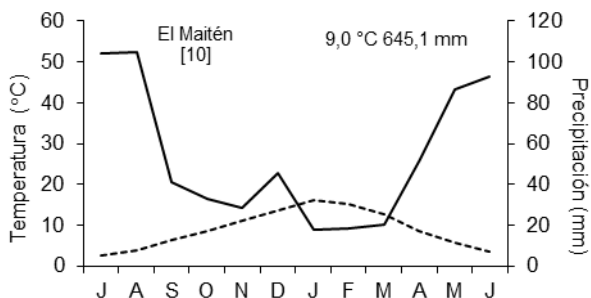
² Grupo de Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal. INTA, San Carlos de Bariloche, Argentina.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de Estudio

El ensayo de desarrollo inicial, desde la germinación de la semilla hasta la inducción de la planta a la dormancia, se llevó a cabo en un invernadero ubicado a los 40° 09' LS y 71° 22' LO (Neuquén). El ensayo de establecimiento se desarrolló en un sitio de plantación localizado a los 42° 21' LS y 71° 5' LO (Chubut). Este sitio presenta un clima templado-frío continental, seco y ventoso, con inviernos fríos y veranos calurosos (Paruelo *et al.*, 1998). Los valores medios de temperatura, precipitación y velocidad del viento son 8,9 °C, 645 mm/año y 11 km/h, respectivamente (Figura N° 1).

El área de estudio pertenece al Distrito Occidental de la Provincia Patagónica, y está ocupada por una estepa arbustiva graminosa (Oyarzabal *et al.*, 2018). Los suelos tienen textura gruesa, son pobres en materia orgánica, de color pardo claro o grisáceo y de reacción neutra o ligeramente alcalina, y están dominados por cantos rodados, arenas y cenizas volcánicas (Varela, 2014).



(Fuente: INTA, 2017)

Figura N° 1
CLIMATOGRAMA DE LA VARIACIÓN MENSUAL DE LA TEMPERATURA (LÍNEA RAYADA) Y PRECIPITACIÓN (LÍNEA CONTINUA) EN EL MAITÉN (42° 3' LS Y 71° 10' LO, 714 msnm) PERIODO 2006 - 2015

Ensayo de Desarrollo Inicial

Los sustratos fertilizados que se evaluaron fueron:

Turba perlita (TP): Turba + perlita (proporción 3:1) + CaO (5 kg/m³ de sustrato) + FGLC³ (5 kg/m³ de sustrato).

Aserrín (AS): Aserrín de pino + CaO (5 kg/m³ de sustrato) + FGLC (10 kg/m³ de sustrato)

Suelo forestal (SF): Ceniza y arena volcánica + horizonte O de suelo de plantación (1:4) + FGLC (10 kg/m³ de sustrato).

El CaO se utilizó para disminuir la acidez de TP y AS. La cantidad de fertilizante de cada tratamiento varió en función del sustrato y de los aspectos consuetudinarios: TP contuvo la cantidad que comúnmente se utiliza en la región (Gonda *et al.*, 2015) y AS y SF presentaron una mayor cantidad porque la fertilidad intrínseca y el costo son menores. Ambos aspectos justificaron la asignación de mayor cantidad de fertilizante (Landis y Morgan, 2009).

³ Basacote plus® 6M (16-8-12+2).

Los valores iniciales de pH de los sustratos no implicaron una limitante de la fertilidad, aunque la corrección con CaO causó valores recomendados entre 5,5 y 6,5 (Landis y Morgan, 2009). Para cada sustrato sin CaO ni fertilizante, se determinó la cantidad total de C (método de combustión seca), N (método semi-micro Kjeldahl) y materia orgánica (método de calcinación), el pH (método potenciométrico) y la CIC (método de saturación con NaHCO₃ y espectrometría de emisión por plasma inducido) (Jones, 2001). Luego se determinó la densidad del sustrato a partir de tres muestras de volumen conocido de cada tipo y contenedor, las cuales se pesaron en el laboratorio (balanza de precisión 0,001 g), se secaron durante 24 h a 105 °C (estufa) y se pesaron nuevamente (SAMLA, 1996).

Los tamaños de contenedor plástico fueron:

Grande: Bandeja de 33 cm de largo, 23 cm de ancho, 20 cm de profundidad, con 24 tubetes de 250 cm³ cada uno, de 5 cm de diámetro superior y capacidad de 325 plantas/m².

Mediano: Bandeja de 32 x 27 x 15,5 cm, 30 tubetes de 160 cm³, 4,5 cm de diámetro, 347 plantas/m².

Pequeño: Bandeja de 34,5 x 25 x 10 cm, 35 tubetes de 120 cm³, 4,5 cm de diámetro, 405 plantas/m².

Además se evaluaron semillas de plantas con conos amarillo (AC) y violeta (VC), provenientes del huerto semillero clonal de INTA (43° 05' LS y 71° 28' LO). Las semillas se estratificaron a 5 °C durante 50 días, en bolsas de polietileno con arena húmeda y fungicida de contacto (C₉H₈Cl₃NO₂S, dosis de 1 g/L).

En septiembre las semillas se sembraron en contenedores colocados en el invernadero. Las plantas emergentes se mantuvieron durante 9 meses a 26 °C fueron y regadas periódicamente. Durante los últimos 30 días las plantas se rustificaron mediante la suspensión del riego y la apertura de las cortinas del invernadero. Al finalizar esta etapa se midió el diámetro de cuello (D_c, mm) (calibre) y la altura total (H_t, cm) (cinta métrica) de las plantas. El peso aéreo (P_a, mg) y radicular (P_r, mg) se estimó a través de un método destructivo pesando nueve plantas por tratamiento, previamente secadas a 70 °C durante 72 h (balanza, estufa).

Posteriormente se evaluó la calidad de las plantas a través del cálculo de:

Índice de esbeltez. $I_e = D_c \cdot ((H_t \cdot 10^{-1}) + 2)^{-1}$ (Schmidt-Vogt, 1981)

Índice tallo-raíz $I_{tr} = P_a \cdot P_r^{-1}$ (Iverson, 1984)

Índice de calidad $I_c = (P_a + P_r) \cdot ((H_t \cdot D_c^{-1}) + (P_a \cdot P_r^{-1}))^{-1}$ (Dickson *et al.*, 1960).

El diseño experimental fue factorial y completamente aleatorizado de efecto fijo con interacciones, del tipo:

$N = n (P S C)$

Donde:

N = Cantidad de unidades experimentales (54 contenedores con 24, 30 o 35 plantas cada uno según el tamaño del contenedor).

n = Cantidad de repeticiones por tratamiento (3).

P = Cantidad de niveles para el factor semilla (2).

S = Cantidad de niveles para el factor sustrato (3)

C = Cantidad de niveles para el factor contenedor (3).

Durante este ensayo, la humedad del sustrato se mantuvo alta y constante con un sistema automatizado de riego por micro-aspersión.

Ensayo de Establecimiento

Las plantas producidas en el ensayo de desarrollo inicial se identificaron de acuerdo a los tipos de sustrato y contenedor, y se plantaron en forma aleatoria separados entre sí 2 m. Luego de 365 días, se estimó la supervivencia (S_v) mediante el conteo de la cantidad de plantas vivas, a las cuales se les midió H_t y estimó el crecimiento en altura (C_a , cm/año). El diseño experimental fue factorial y completamente aleatorizado de efecto fijo con interacciones del tipo:

$$N = n (S C)$$

Donde:

N = Cantidad de unidades experimentales (27 contenedores de 24, 30 o 35 plantas según el tamaño del contenedor).

n = Cantidad de repeticiones por tratamiento (3).

S = Cantidad de niveles para el factor sustrato (3).

C = Cantidad de niveles para el factor contenedor (3).

En ambos ensayos los datos se analizaron a través de pruebas paramétricas porque cumplieron con los supuestos del ANOVA. El efecto sobre el desempeño de las plantas de los diferentes factores, niveles y las interacciones se analizó mediante modelos desbalanceados (ensayo de desarrollo inicial) y balanceados (ensayo de establecimiento), a través de ANOVA multifactorial y pruebas de comparaciones múltiples.

Costo de Producción

El costo de producción de la planta de cada tratamiento se obtuvo conociendo en la región y en un momento dado, el valor de mercado del sustrato, el fertilizante, el contenedor y el transporte, el volumen de sustrato y la capacidad de plantas por contenedor. En los casos del SF y AS, el valor solo incluyó el de la carga, el transporte y la descarga. El costo se comparó entre tratamientos y se expresó en términos relativos, para que el valor de la estimación no pierda vigencia debido a variaciones de los precios de los bienes y servicios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayo de Desarrollo Inicial

Los sustratos, evaluados sin el agregado de CaO ni fertilizante, presentaron características físicas y químicas diferentes que fueron los esperados según la composición (Landis y Morgan, 2009).

TP presentó valores altos de N, materia orgánica y CIC, intermedios de densidad y C, y bajos de C:N y pH.

AS presentó valores altos de C, C:N, materia orgánica y CIC, intermedios de pH y bajos de densidad y N.

SF presentó valores altos de densidad y pH, intermedios de N y bajos de C, C:N, materia orgánica y CIC (Cuadro N° 1).

La densidad de AS y SF estuvo dentro del rango de otros sustratos alternativos utilizados para producir pino ponderosa en la región (Olivo y Buduba, 2006). Aunque no se estimó la relación entre la cantidad de macro y microporos de los sustratos, la proporción relativa entre porosidad de aireación y de retención de agua fue satisfactoria dada la heterogeneidad en tamaño de sus componentes (Landis y Morgan, 2009).

Cuadro N° 1
DENSIDAD, CANTIDAD DE C, N Y MATERIA ORGÁNICA (MO), PH Y CIC
DE LA TURBA PERLITA (TP), EL ASERRÍN (AS) Y EL SUELO FORESTAL (SF)

Variable		Sustrato		
		TP	AS	SF
Densidad (g/cm ³)	X	0,117	0,088	0,471
	EE	0,003	0,001	0,009
	GH	a	b	c
	n	9	9	9
C (%)		31,1	49,7	8,4
N (%)		0,84	0,05	0,44
C:N		37	994	19
MO (%)		79,8	83,2	23,0
pH		3,9	4,7	5,5
CIC (cmol/kg)		75,9	78,1	20,8

Los valores representan la medición del sustrato sin CAO ni fertilizante.

Se indica la media (X), el error estándar (EE), los grupos homogéneos (GH) y el tamaño de la muestra (n).

Letras desiguales indican diferencias significativas (ANOVA; $F_{2,26} = 1613,4$; $P < 0,001$)

H_t media de las plantas fue 9,4 cm (EE = 0,38; n = 54). H_t no difirió significativamente entre las semillas provenientes de AC y VC (ANOVA, $p < 0,05$).

H_t fue 79,6 y 38,6 % significativamente mayor en SF y TP, respectivamente, que en AS (ANOVA, $p < 0,05$).

H_t fue 25,0 y 41,5 % mayor en el contenedor mediano (M) y grande (G), respectivamente, que en el pequeño (P) (ANOVA, $p < 0,05$) (Cuadro N° 2, Figura N° 2).

H_t exhibió una interacción significativa entre la del contenedor y el sustrato (ANOVA, $p < 0,05$).

En AS, H_t fue entre 15,4 y 34,0 % significativamente mayor en M y G que en P.

En SF, H_t fue 31,8 y 47,1 % significativamente mayor en M y G, respectivamente, que P.

En TP, H_t fue 23,6 y 40,1 % significativamente mayor en M y G, respectivamente, que en P (prueba de Tukey, $p < 0,05$) (Cuadro N° 2, Figura N° 3).

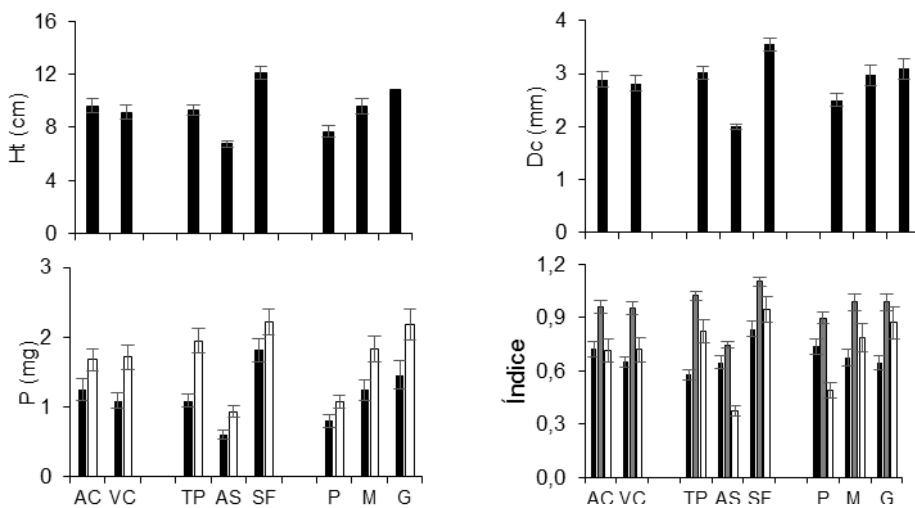
H_t difirió significativamente entre los tratamientos de contenedor y sustrato (ANOVA, $F_{8,53} = 46,7$; $p < 0,001$; n = 6).

H_t fue 131,1 % mayor en M y G con SF que en P y con AS, que representó el tratamiento con menor desempeño de las plántulas (prueba de Tukey, $p < 0,05$) (Figura N° 4).

Cuadro N° 2
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA ALTURA (H_t), EL DIÁMETRO (D_c), EL PESO AÉREO (P_a) Y RADICULAR (P_r), Y LOS ÍNDICES DE ESBELTEZ (I_e), TALLO-RAÍZ (I_{tr}) Y CALIDAD (I_c) DE PINO PONDEROSA DURANTE EL ENSAYO DE DESARROLLO INICIAL

FV	gl	n	F (p)						
			H _t (cm)	D _c (mm)	P _a (mg)	P _r (mg)	I _{tr}	I _e	I _c
P	1	27	3,6 (0,067)	0,1 (0,327)	3,8 (0,061)	0,1 (0,747)	2,8 (0,102)	0,1 (0,723)	0,1 (0,878)
S	2	18	149,4 ($< 0,001$)	154,0 ($< 0,001$)	69,8 ($< 0,001$)	60,0 ($< 0,001$)	13,0 ($< 0,001$)	98,1 ($< 0,001$)	82,1 ($< 0,001$)
C	2	18	53,6 ($< 0,001$)	23,8 ($< 0,001$)	21,4 ($< 0,001$)	41,1 ($< 0,001$)	1,7 (0,200)	7,5 (0,002)	36,0 ($< 0,001$)
PS	2	9	0,8 (0,478)	0,4 (0,675)	3,2 (0,054)	0,7 (0,522)	1,7 (0,206)	0,1 (0,910)	1,2 (0,327)
PC	2	9	0,1 (0,935)	0,2 (0,856)	0,4 (0,653)	0,4 (0,692)	0,2 (0,787)	0,4 (0,707)	0,2 (0,787)
SC	4	6	3,3 (0,027)	7,5 ($< 0,001$)	5,8 ($< 0,001$)	5,0 (0,003)	0,4 (0,831)	5,9 (0,001)	6,7 ($< 0,001$)
PSC	4	3	2,3 (0,077)	1,7 (0,166)	3,3 (0,022)	5,6 (0,001)	0,9 (0,499)	0,8 (0,532)	6,5 ($< 0,001$)

Se indica la fuente de variación (FV: P: Semilla, S: Sustrato, C: Contenedor; PS, PC y SC: Interacciones entre P, y C), los grados de libertad (gl), el tamaño de la muestra (n), el cociente (F) y el nivel de probabilidad (p).



Altura (H_t); Diámetro (D_c); Peso aéreo (barra negra) y radicular (barra blanca) (P), e índices de esbeltez (barra negra), tallo-raíz (barra gris) y calidad (barra blanca), con relación a la semilla (AC: cono amarillo, VC: cono violeta), el Sustrato (TP: turba perlita, AS: aserrín, SF: suelo forestal) y el Contenedor (P: pequeño, M: mediano, G: grande).

Las barras verticales indican el error estándar y las letras diferentes las diferencias significativas entre niveles dentro del factor (Prueba de Tukey, $p < 0,05$; $n = 3$).

Figura N° 2
RESPUESTA DE LAS PLANTAS SEGÚN LAS DIFERENTES VARIABLES EVALUADAS EN EL ENSAYO DE DESARROLLO INICIAL SEGÚN SEMILLA, SUSTRATO Y CONTENEDOR

La altura menor de las plantas, comparada con la obtenida con otros sustratos alternativos en la región (Olivo y Buduba, 2006), no sería desventajosa porque aumentaría la supervivencia en áreas frías y secas (MAGyP, 2014).

En estas condiciones, McTague and Tinus (1996) sugieren una altura cercana a los 16 cm. En cambio, la altura menor afectaría el desarrollo de la planta en sitios de plantación mejores, teniendo en cuenta la correlación entre la altura inicial y la de los primeros 15 años (Buamscha *et al.*, 2012).

Sin embargo, en la Patagonia prácticamente no se planta pino ponderosa en sitios de calidad alta (MAGyP, 2014).

En el sitio de plantación, un indicador más adecuado de la supervivencia, el crecimiento de altura y la producción de madera es D_c (Buamscha *et al.*, 2012).

D_c medio de las plántulas fue 2,9 mm (EE = 0,10; n = 54).

D_c no difirió significativamente entre las semillas provenientes de los conos amarillos y violetas (ANOVA, $p < 0,05$).

D_c fue 77,7 y 50,9 % significativamente mayor en SF y TP, respectivamente, que en AS (ANOVA, $p < 0,05$).

D_c fue 21,1 % significativamente mayor en el contenedor M y G que en P (ANOVA, $p < 0,05$) (Cuadro N° 2, Figura N° 2).

D_c presentó una interacción significativa entre el contenedor y el sustrato (ANOVA, $p < 0,05$).

En AS, D_c no difirió entre los diferentes contenedores.

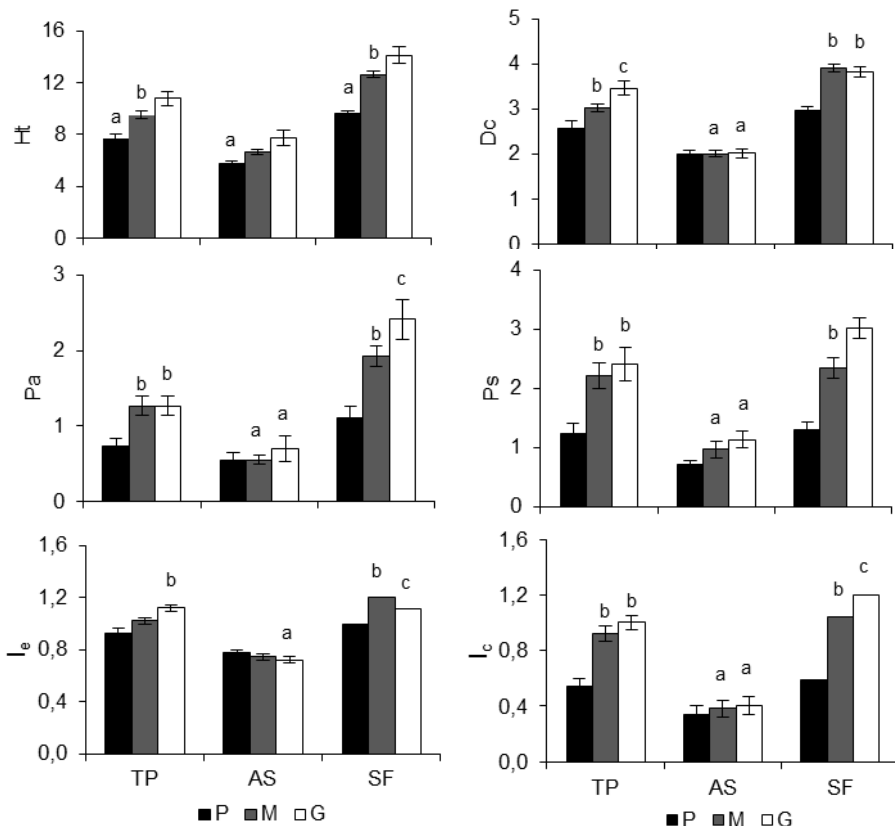
En SF, D_c fue entre 29,1 y 32,3 % significativamente mayor en el contenedor M y G que en P.

En TP, D_c fue 17,4 y 34,5 % significativamente mayor en el contenedor M y G, respectivamente, que en P (prueba de Tukey, $p < 0,05$) (Cuadro N° 2, Figura N° 3).

D_c difirió significativamente entre los tratamientos de contenedor y sustrato (ANOVA, $F_{8,5} = 48,2$; $p < 0,001$; n = 6).

D_c fue 93,4 % significativamente mayor en el contenedor M y G con SF que en el P y M con AS, que representaron los tratamientos con menor desempeño de las plántulas (prueba de Tukey, $p < 0,05$) (Figura N° 4).

El valor de D_c de los tratamientos con mejor desempeño superó 4 mm, y fueron similares a los obtenidos para *P. ponderosa* con sustratos alternativos orgánico (fibra de coco y turba de *Sphagnum*) e inorgánico (pumita, vermiculita y perlita) y a los recomendados en la región para realizar el trasplante (Olivo y Buduba, 2006).



Altura (H_t), Diámetro (D_c), Peso Aéreo (P_a) y Radicular (P_r) e Índices de Esbeltez (I_e) y Calidad (I_c) con relación al Sustrato (Tp: Turba Perlita, As: Aserrín, Sf: Suelo Forestal) y el Contenedor (P: Pequeño, M: Mediano, G: Grande).

Las barras verticales indican el error estándar y las letras diferentes las diferencias significativas entre el tamaño del contenedor dentro del tipo de sustrato (Prueba de Tukey, $P < 0,05$; $N = 3$).

Figura N° 3
RESPUESTA DE LAS PLANTAS SEGÚN LAS DIFERENTES VARIABLES EVALUADAS
EN EL ENSAYO DE DESARROLLO INICIAL SEGÚN SUSTRATO Y CONTENEDOR

P_a medio de las plantas fue 1,2 mg (EE = 0,09; $n = 54$).

P_a no difirió significativamente entre las semillas provenientes de los conos amarillo y violeta (ANOVA, $p < 0,05$).

P_a fue 201,2 y 81,0 % significativamente mayor en SF y TP, respectivamente, que en AS.

P_a fue 69,4 % significativamente mayor en el contenedor M y G que en P (ANOVA, $p < 0,05$) (Cuadro N° 2, Figura N° 2).

P_a presentó una interacción significativa entre la del contenedor y el sustrato (ANOVA, $p < 0,05$).

En AS, P_a no difirió significativamente entre los diferentes contenedores (prueba de Tukey, $p \geq 0,05$).

En SF, P_a fue entre 72,8 y 116,3 % significativamente mayor en el contenedor M y G que en P.

En TP, P_a fue entre 70,8 y 71,4 % significativamente mayor en el contenedor M y G que en P (prueba de Tukey, $p < 0,05$) (Cuadro N° 2, Figura N° 3).

P_a difirió significativamente entre los tratamientos de contenedor y sustrato (ANOVA, $F_{8,53} = 19,3$; $p < 0,001$; $n = 6$).

P_a fue 296,7 % significativamente mayor en el contenedor M y G con SF que en P y M con AS, que representaron los tratamientos con menor desempeño de las plantas (prueba de Tukey, $p < 0,05$) (Figura N° 4).

P_r medio de las plántulas fue 1,7 mg (EE = 0,11; $n = 54$).

P_r no difirió significativamente entre las semillas provenientes de los conos amarillo y violeta (ANOVA, $p \geq 0,05$).

P_r fue 138,1 y 109,1 % significativamente mayor en SF y TP, respectivamente, que en AS (ANOVA, $p < 0,05$).

P_r fue 90,3 y 134,4 % significativamente mayor en el contenedor M y G, respectivamente, que en P (ANOVA, $p < 0,05$) (Cuadro N° 2, Figura N° 2).

P_r presentó una interacción significativa entre la del contenedor y el sustrato (ANOVA, $p < 0,05$).

En AS, P_r no difirió significativamente entre los diferentes contenedores (prueba de Tukey, $p \geq 0,05$).

En SF, P_r fue 79,6 y 131,3 % significativamente mayor en el contenedor M y G, respectivamente, que en P.

En TP, P_r fue entre 77,9 y 94,7 % significativamente mayor en el contenedor M y G que en P (prueba de Tukey, $p < 0,05$) (Cuadro N° 2, Figura N° 3).

P_r difirió significativamente entre los tratamientos de contenedor y sustrato (ANOVA, $F_{8,53} = 20,7$, $p < 0,001$, $n = 6$).

P_r fue 324,8 % significativamente mayor en el contenedor G y con SF que en P, M y G con AS y P con TP, que representaron los tratamientos con menor desempeño de las plantas (prueba de Tukey, $p < 0,05$) (Figura N° 4).

P_a y P_r de los distintos tratamientos estuvieron dentro del rango de los valores obtenidos por Olivo y Buduba (2006) y Buamscha *et al.* (2012).

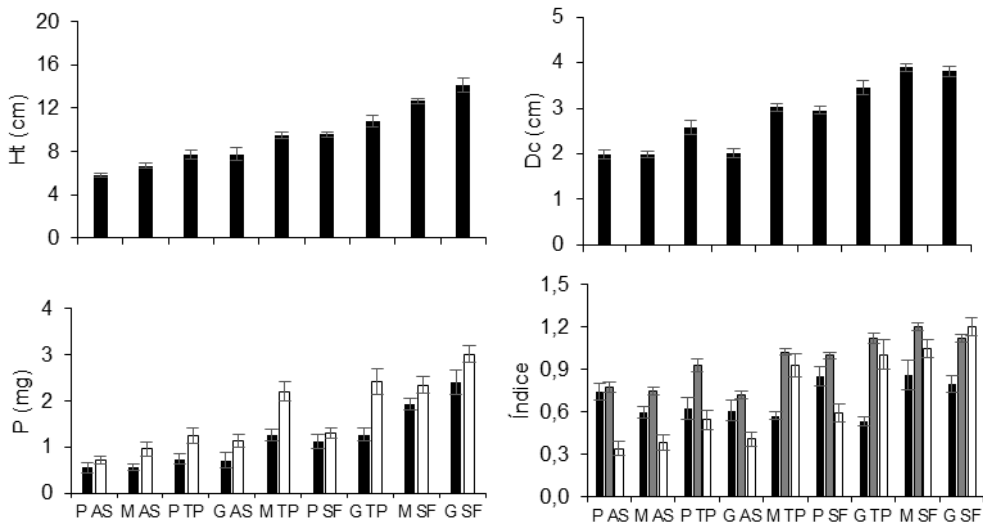
P_a y P_r son indicadores de la calidad de la planta cuando estas variables se relacionan entre sí, aunque en forma aislada permiten analizar el efecto del sustrato y el tubete sobre la asignación de biomasa aérea y radicular (Buamscha *et al.*, 2012).

I_{tr} , I_e e I_c no se diferenciaron entre las semillas provenientes de los conos amarillo y violeta (ANOVA, $p \geq 0,05$).

I_{tr} no difirió entre las que se desarrollaron en los diferentes tamaños de contenedor (ANOVA, $p \geq 0,05$), pero si entre las plantas producidas con los distintos sustratos (ANOVA, $p < 0,05$).

I_e y I_c presentaron diferencias entre las plantas producidas con los distintos sustratos (ANOVA, $p < 0,05$) y y contenedores (ANOVA, $p < 0,05$), y existieron interacciones entre ambos factores (ANOVA, $p < 0,05$) (Cuadro N° 2, Figuras N° 2, 3 y 4).

La alta proporción de raíz representada por el valor de I_{tr} bajo fue indicativo de la aptitud de los individuos para la plantación en secano; Olivo y Buduba (2006) obtuvieron valores de I_{tr} mayores.



Altura (Ht), Diámetro (Dc), Peso (P) Aéreo (Barra Negra) y Radicular (Barra Blanca) e Índices Tallo-Raíz (Barra Negra), de Esbeltez (Barra Gris) y Calidad (Barra Blanca) con relación al Tamaño del Contenedor (P: Pequeño, M: Mediano, G: Grande) y El Tipo de Sustrato (Tp: Turba Perlita, As: Aserrín, Sf: Suelo Forestal).

Las barras verticales indican el error estándar y las letras diferentes las diferencias significativas entre tratamientos (Prueba de Tukey, $P < 0,05$; $N = 3$).

Figura N° 4

RESPUESTA DE LAS PLANTAS SEGÚN LAS DIFERENTES VARIABLES EVALUADAS EN EL ENSAYO DE DESARROLLO INICIAL SEGÚN SUSTRATO Y CONTENEDOR

En plantaciones en sitios de alta calidad P_a debería ser hasta el doble que P_r , pero en aquellos con déficit hídrico el trasplante exige un mayor desarrollo radicular (Quiroz *et al.*, 2014). El valor de I_e debe ser cercano a 1 (Buamscha *et al.* 2012), lo que ocurrió en todos los tratamientos a excepción de aquellos con AS que fue menor. En la región, Olivo y Buduba (2006) obtuvieron para pino ponderosa valores de I_e similares con sustratos alternativos. Los valores altos de I_c indicaron la mejor calidad de la planta y desempeño de ellas en la plantación (Buamscha *et al.*, 2012). SF con M (1,04) y G (1,20) representaron las mejores opciones, cuyos valores superaron los obtenidos con sustratos alternativos y tubete pequeño de 120 cm³ (0,59 - 0,85) (Olivo y Buduba, 2006).

Ensayo de Establecimiento

Durante el ensayo de desarrollo inicial no se observaron diferencias significativas entre AC y VC en ninguna de las variables y, en consecuencia, el factor semilla no se tuvo en cuenta durante el ensayo de establecimiento. Además, una de las repeticiones de este último ensayo tuvo una supervivencia nula, que se asoció a factores externos a las condiciones naturales del ensayo, por lo tanto no se la consideró en el análisis.

C_a medio fue 3,47 cm/año (EE = 0,49; $n = 18$).

C_a de las plantas provenientes del contenedor G fue 4,60 cm/año que representó un valor 127,9 % mayor al de las provenientes del contenedor P (prueba de Tukey, $p < 0,05$).

C_a de las plantas provenientes de SF fue 5,17 cm/año que representó un valor 96,8 % mayor al de las provenientes de AS y TP (prueba de Tukey, $p < 0,05$).

C_a no presentó una interacción significativa entre el contenedor y el sustrato (ANOVA, $p \geq$

0,05) (Cuadro N° 3, Figura N° 5).

C_a difirió significativamente entre los tratamientos de contenedor y sustrato (ANOVA, F_{8,17} = 3,26; p = 0,049; n = 2).

C_a en el contenedor G con SF fue 6,6 cm año⁻¹, que representó un valor en 417,8 % significativamente mayor que P con TP (prueba de Tukey, p < 0,05). En el resto de los tratamientos C_a varió entre 2,0 (P y AS) y 6,2 (M y SF) (Figura N° 6).

S_v media fue 77,3 % (EE = 2,48; n = 18).

S_v no difirió significativamente entre las plantas que provinieron de los contenedores P, M y G (ANOVA, p ≥ 0,05).

S_v de las plantas no difirió significativamente entre las que provinieron de la SF, TP y AS (ANOVA, p ≥ 0,05).

S_v no presentó una interacción significativa entre el contenedor y el sustrato (ANOVA, p ≥ 0,05) (Cuadro N° 3, Figura N° 5).

S_v no difirió significativamente entre los tratamientos de contenedor y sustrato (ANOVA, F_{8,17} = 0,59; p = 0,765; n = 2) (Figura N° 6).

En el sitio de plantación, al igual que en el vivero, las plantas con SF presentaron los valores mayores de tamaño, peso y crecimiento, y en general, de los índices de desempeño. Estudios previos mostraron resultados satisfactorios combinando materiales más económicos y tradicionales (Gerding *et al.*, 1996; Olivo y Buduba, 2006; Bárbaro *et al.*, 2014).

En ambos ensayos, las plantas de los contenedores de mayor volumen y profundidad presentaron el mejor desempeño. Resultados equivalentes fueron señalados en la producción de *Pinus L.* (South *et al.*, 2005; Domínguez-Lerena *et al.*, 2006; Bernaola-Paucar *et al.*, 2015) y otras especies (Close *et al.*, 2010; Dobner *et al.*, 2013).

Costo de Producción

AS - P fue el tratamiento que presentó el menor costo de producción por unidad de planta y TP - G exhibió el mayor costo de producción, con un valor relativo 172 % mayor al primero (Cuadro N° 4).

En AS, el contenedor M y G representaron un valor por planta 33,2 y 84,1 % mayor al del pequeño, respectivamente, mientras que el grande representó un valor 38,2 % mayor al de M.

En SF, los contenedores M y G representaron un valor por planta 33,4 y 85,0 % mayor al de P, respectivamente, mientras que G representó un valor 38,7 % mayor al de M.

En TP, los contenedores M y G representaron un valor por planta 34,3 y 89,6 % mayor al de P, respectivamente, mientras que G representó un valor 41,2 % mayor al de M.

En P, SF y TP representaron un valor por planta 4,9 y 43,5 % mayor al de AS, respectivamente, mientras que TP representó un valor 36,8 % mayor al de SF.

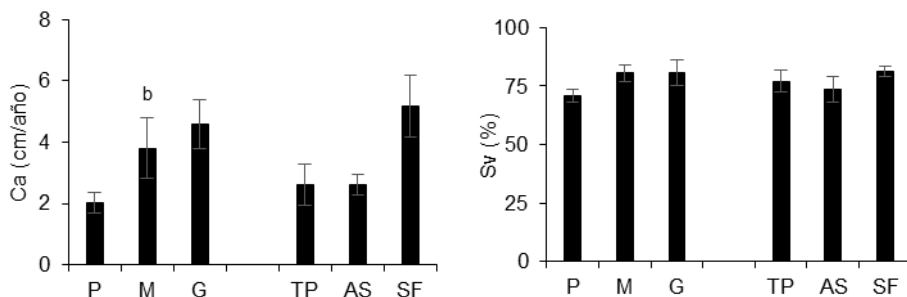
En el contenedor M, SF y TP representaron un valor por planta 5,0 y 44,7 % mayor a AS, respectivamente, mientras que TP representó un valor 37,8 % mayor con respecto a SF.

En el contenedor G, SF y TP representaron un valor por planta 5,3 y 47,8 % mayor al de AS, respectivamente, mientras que TP representó un valor 40,3 % mayor con respecto al de SF.

Cuadro N° 3
ANÁLISIS DE VARIANZA MULTIFACTORIAL DEL CRECIMIENTO EN ALTURA (C_a)
Y LA SOBREVIVENCIA (S_v) DURANTE EL ENSAYO DE ESTABLECIMIENTO

FV	gl	n	F (p)	
			C _a (cm/año)	S _v (%)
S	2	6	6,21 (0,020)	0,64 (0,551)
C	2	6	5,03 (0,034)	1,37 (0,302)
SC	4	2	0,90 (0,503)	0,18 (0,946)

Se indica la fuente de variación (FV) (S: Sustrato, C: Contenedor), los grados de libertad (GL), el tamaño de la muestra (n), el cociente F y el nivel de probabilidad (p)

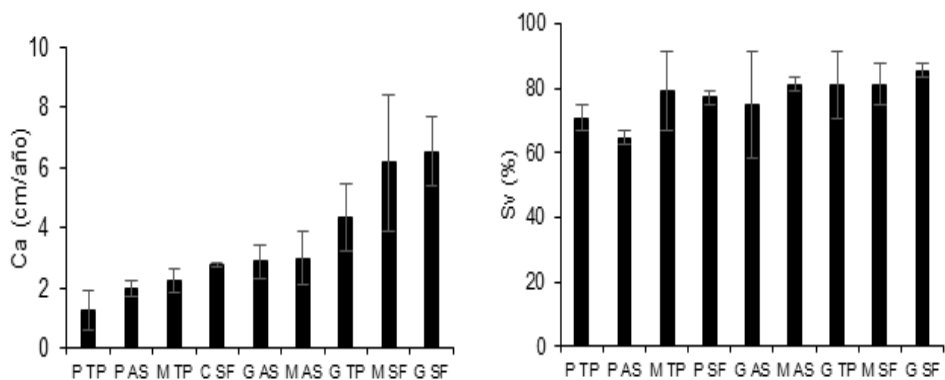


Crecimiento en altura (C_a) y sobrevivencia (S_v) con relación al tamaño del contenedor (P: Pequeño, M: Mediano, G: Grande) y el tipo de sustrato (TP: Turba perlita, AS: Aserrín, SF: Suelo forestal). Las barras verticales indican el error estándar y las letras diferentes las diferencias significativas entre niveles dentro del factor (Prueba de Tukey, P < 0,05; N = 3).

Figura N° 5
RESPUESTA DE LAS PLANTAS SEGÚN LAS DIFERENTES VARIABLES EVALUADAS
EN EL ENSAYO DE ESTABLECIMIENTO SEGÚN SUSTRATO Y CONTENEDOR

Cuadro N° 4
COSTO DE PRODUCCIÓN SEGÚN VALOR DE SUSTRATO, FERTILIZANTE, CONTENEDOR,
TRANSPORTE, VOLUMEN DE SUSTRATO Y CAPACIDAD DE PLANYAS POR CONTENEDOR

Tratamiento		Valor Relativo	(%)
Sustrato	Contenedor		
Aserrín	Pequeño	1,00	0,0
	Mediano	1,33	33,2
	Grande	1,84	84,1
Suelo forestal	Pequeño	1,05	4,9
	Mediano	1,40	39,8
	Grande	1,94	93,9
Turba perlita	Pequeño	1,43	43,5
	Mediano	1,93	92,7
	Grande	2,72	172,0



Crecimiento en altura (Ca) y sobrevivencia (Sv) con relación al tamaño del contenedor (P: Pequeño, M: Mediano, G: Grande) y el tipo de sustrato (Tp: Turba perlita, As: Aserrín, Sf: Suelo forestal). Las barras verticales indican el error estándar y las letras diferentes las diferencias significativas entre tratamientos (Prueba de Tukey, $p < 0,05$; $n = 2$).

Figura N° 6
RESPUESTA DE LAS PLANTAS SEGÚN VARIABLES EVALUADAS
EN EL ENSAYO DE ESTABLECIMIENTO SEGÚN CONTENEDOR Y SUSTRATO

CONCLUSIONES

El tipo de semilla asociado al color del cono no afectó el desempeño de pino ponderosa.

En el vivero y el sitio de plantación, las plantas con suelo forestal y contenedor de mayor volumen y profundidad presentaron el mayor tamaño, peso y crecimiento, y en general, valor de desempeño de las plantas.

La combinación más adecuada para desarrollar pino ponderosa fue el contenedor mediano con suelo forestal.

Este sustrato exhibió ventajas con relación al aserrín, debido al mejor desempeño de las plantas en todos los tamaños de envase a un costo equivalente.

El suelo forestal aventajó a la turba perlita debido al costo económico y ambiental sustancialmente menores.

Las plantas en contenedor mediano presentaron un crecimiento y calidad semejantes a las del grande, pero a un costo económico significativamente menor.

Los ensayos futuros deberían determinar la dosis óptima de fertilizante para cada sustrato y el efecto sobre el costo de producción.

RECONOCIMIENTOS

Se agradece la colaboración prestada por V. Mondino, T. Schinelli, C. Buduba, P. Rago y J. Chuquer.

REFERENCIAS

Bárbaro, L. A.; Imhoff, S. y Morisigue, D. E., 2014. Evaluación de sustratos formulados con corteza de pino, pinocha y turba subtropical. *Ciencia del suelo* 32(2): 149-158.

Bernaola-Paucar, R. M.; Barrios, E. P.; González, P. G.; Chaparro, V. M.; Santiago, G. A. y Pérez, E. S., 2015. Efecto del volumen del contenedor en calidad y supervivencia de *Pinus hartwegii* Lindl. en sistema doble-trasplante. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 6(28): 174-187.

Buamscha, M. G.; Contardi, L.; Dumroese, R. K.; Enricci, J.; Escobar, R.; Gonda, H.; Jacobs, D. F.; Landis, T. D.; Luna, T.; Mexal, J. G. y Wilkinson, K., 2012. Producción de plantas en viveros forestales. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Argentina: CFI - CIEFAP - UPSJB. 195 p.

Callaham, R. Z., 2013. *Pinus ponderosa*: geographic races and subspecies based on morphological variation. USA: USDA Forest Service Research Paper PSW-RP-265. 54 p.

Close, D. C.; Paterson, S.; Corkrey, R. and Mc Arthur, C., 2010. Influences of seedling size, container type and mammal browsing on the establishment of *Eucalyptus globulus* in plantation forestry. *New Forests* 39(1): 105-115.

Dickson, A.; Leaf, A. L. and Hosner, I. E., 1960. Quality appraisal of White Spruce and White Pine seedlings stock in nurseries. *The Forestry Chronicle* 36: 10-13.

Dobner, M.; Trazzi, P. A., Higa, A. e Seitz, R., 2013. Influência do volume do tubete e do método de plantio no crescimento de um povoamento de *Pinus taeda* aos nove anos de idade. *Scientia Forestalis* 41(97): 7-14.

Domínguez-Lerena, S.; Sierra, N. H.; Manzano, I. C.; Bueno, L. O.; Rubira, J. L. and Mexal, J. C., 2006. Container characteristics influence *Pinus pinea* seedling development in the nursery and field. *Forest Ecology and Management* 221(1-3): 63-71.

Gallo, L.; Martínez Meier, A.; Azpilicueta, M. M.; Marchelli, P. y Mondino, V., 2005. Subprograma coníferas y otras especies en la región patagónica. En: C.A Norverto (Ed). *Mejores árboles para más forestadores: el programa de producción de material de propagación mejorado y el mejoramiento genético en el Proyecto Forestal de Desarrollo* (p. 95-116). Argentina: Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentos.

Gerding, V.; Hermosilla, M. E. y Grez, R., 1996. Sustratos de corteza compostada para la propagación vegetativa de estacas de tallo de *Podocarpus nubigena* Lindl. y *Encryphia cordifolia* Cav. *Bosque* 17(2): 57-64.

Gonda, H.; Davel, M.; Bonino, N.; Contardi, L.; Focarazzo, S.; Calvi, F.; Rush, V. y Mele, U., 2015. El establecimiento de las plantas. En: L. Chauchard, C. Frugoni, y C. Nowak (Eds.). *Buenas prácticas para el manejo de plantaciones forestales en el noroeste de la Patagonia* (p. 166-190). Argentina: Ministerio de Agroindustria.

Hartmann, H. T.; Kester, D. E.; Davies F.T. and Geneve, R. L., 2010. *Hartmann y Kester's plant propagation: principles and practices*. USA: Pearson. 1024 p.

INTA, 2017. <http://inta.gob.ar/documentos/datos-meteorologicos-de-el-maiten>. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Consultado 20-03-2017.

Iverson, R. D., 1984. Planting stock selection: Meeting biological needs and operational realities. En: M.L. Duryea, y T.D. Landis (Eds.). *Forest nursery manual: production of bareroot seedlings* (p. 261-266). The Netherlands: Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers.

Jones, B., 2001. *Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis*. USA: CRC Press.

Landis, T. D. and Dumroese, R. K., 2006. Applying the Target Plant Concept to Nursery Stock Quality. En: L. MacLennan, y J. Fennessy (Eds.). *Plant quality: A key to success in forest establishment* (p. 1-10). Ireland: Proceedings of the COFORD Conference, National Council for Forest Research and Development.

Landis, T.D. y Morgan, N., 2009. Growing media alternatives for forest and native plant nurseries. En: R. K. Dumroese, y L. E. Riley (Eds.). *National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations* (p. 26-31). USA: Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.

Larcher, F. and Scariot, V., 2009. Assessment of partial peat substitutes for the production of *Camellia japonica*. *Hortscience* 44(2): 312-316.

MAGyP, 2014. Argentina: Plantaciones forestales y gestión sostenible. Argentina: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.

McTague, J. P. and Tinus, R. W., 1996. The effects of seedling quality and forest site weather on field survival of Ponderosa Pine. *Tree Planters' Notes* 47(1): 16-23.

Olivo, V. B. y Buduba, C. G., 2006. Influencia de seis sustratos en el crecimiento de *Pinus ponderosa* producido en contenedores bajo condiciones de invernáculo. *Bosque* 27(3): 267-271.

Oyarzábal, M.; Clavijo, J.; Oakley, L.; Biganzoli, F.; Tognetti, P.; Barberis, I.; Maturo, H. M.; Aragón, R.; Campanello, P. I.; Prado, D.; Oesterheld, M. y León, R., 2018. Unidades de vegetación de la Argentina. *Ecología Austral* 28: 40-63.

Paruelo, J.; Beltrán, A.; Jobbágy, E.; Sala, O. and Golluscio, R., 1998. The climate in Patagonia: General patterns and controls on biotic processes. *Ecología Austral* 8: 85-101.

Pinto, J. R.; Marshall, J. D.; Dumroese, R. K.; Davis, A. S. and Cobos, D. R., 2011. Establishment and growth of container seedlings for reforestation: A function of stocktype and edaphic conditions. *Forest Ecology and Management* 261(11): 1876-1884.

Quiroz, I.; Pincheira, M. P.; Hernández, J. A.; González, M.; García, E. y Soto, H., 2014. Efecto del volumen radicular sobre el crecimiento de *Acacia dealbata* Link. en vivero y en terreno en el secano de la región del Bio Bio, Chile. *Revista Árvore* 38(1): 155-164.

SAMLA, 1996. Sistema de apoyo metodológico para laboratorio de análisis de suelos y aguas. Argentina: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca, Alimentos y Forestación.

Schmidt-Vogt, H., 1981. Morphological and physiological characteristics of planting stock: present state of research and research tasks for the future (p 433-446). En: *Proceedings IUFRO - XVII World Congress*. Japan.

South, D. B.; Harris, S. W.; Barnett, J. P.; Hains, M. J. and Gjerstad, D. H., 2005. Effect of container type and seedling size on survival and early height growth of *Pinus palustris* seedlings in Alabama, USA. *Forest Ecology and Management* 204(2-3): 385-398.

Varela, R., 2014. Manual de geología. Argentina: Instituto Superior de Correlación Geológica. 158 p.

EVALUACIÓN DEL COSTO Y RENDIMIENTO DEL MANEJO BAJO UN CRITERIO SILVOPASTORAL DE UNA PLANTACIÓN DE *Pinus ponderosa* Douglas ex Lawson EN COYHAIQUE, REGIÓN DE AYSÉN, CHILE

Salinas, Jaime⁴; Inostroza, Patricio⁵ y Acuña, Bernardo⁶

RESUMEN

En la Región de Aysén, existen 35.671 hectáreas cubiertas con plantaciones forestales. La especie principal en la región es pino ponderosa (*Pinus ponderosa*), le siguen en importancia pino contorta (*Pinus contorta*) y pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*), especies adaptadas a condiciones de bajas temperaturas y presencia de nieve en forma temporal. La introducción de estas plantaciones se inicia en la década del 70, buscando revertir los procesos erosivos ocasionados por grandes incendios forestales ocurridos principalmente durante la primera mitad del siglo pasado, que comprometieron cerca de 3,5 millones de hectáreas en la región.

En la actualidad una proporción de estas superficies forestadas no están bajo manejo silvícola debido a diversas razones, entre las que se cuentan la falta de incentivos al manejo, el escaso conocimiento que existía sobre las propiedades de sus maderas, la competencia con maderas procedentes del norte, el alto costo de cosecha y otras.

El presente trabajo analizó el costo y rendimiento de una faena de raleo bajo un criterio de manejo silvopastoral en una plantación de 18 años de *P. ponderosa* ubicada en la comuna de Coyhaique, Región de Aysén de Chile. Se realizó un estudio de tiempo y rendimiento de las principales actividades asociadas al sistema de cosecha forestal tradicional (no mecanizado), para determinar productividad y costos de la faena y generar información para futuros instrumentos de fomentos de la actividad de manejo de plantaciones forestales.

Con la aplicación de un raleo por lo bajo a una intensidad del 50% de la densidad, se logró obtener el costo de manejo de la plantación, el cual fue de M\$ 963.7/ha. Por otro lado, la productividad obtenida posterior a la intervención fue de 246 "/ha, 464 postes/ha (2,2 m de largo) y 40 m³/ha de leña. Con la valorización de estos productos obtenidos del raleo fue posible obtener M\$ 1.399/ha, cubriendo el costo de cosecha y obteniendo una utilidad de M\$ 439/ha bajo las características de la plantación estudiada.

Palabras claves: Raleo, estudio de tiempo y rendimiento, agroforestería.

⁴ Ingeniero Forestal, Instituto Forestal, sede Patagonia, Coyhaique, Chile. jsalinas@infor.cl

⁵ Ingeniero Forestal, Consultor privado, Coyhaique, Chile.

⁶ Instituto Forestal, sede Patagonia, Coyhaique, Chile.

SUMMARY

A total of 35,671 ha are covered with forest plantations in the Aysén Region. The most important species in the region is Ponderosa Pine (*Pinus ponderosa*), the second one is Lodgepole Pine (*Pinus contorta*) and finally Douglas Fir (*Pseudotsuga menziesii*). These are species adapted to low temperatures conditions and temporarily snow presence. By the 70s of the past century began the planted forests establishment to reverse the erosive processes caused by large forest fires registered mainly during the century first half, which affected about 3.5 million hectares in the region.

Nowadays, a proportion of these forested areas are not under silviculture management because of several reasons, such as the lack of incentives to silviculture treatments, the insufficient knowledge on their wood properties, the usual use of woods coming from the north, the high harvesting costs and others.

This study analyzed the cost and yield of a thinning intervention in a 18 years old *Pinus ponderosa* plantation under silvopastoral management criterion, located at the Coyhaique commune. A time and yield study on the main activities associated to the traditional forest harvesting system (no mechanized) was carried out to determine the intervention's productivity and costs and to generate information for future incentives to promote plantations management.

Through a 50% intensity thinning was obtained the plantation management cost of M\$ 963.7/ha. The productivity was 246 m³/ha for sawn wood, 464 poles/ha (2.2 m length) and 40 m³/ha of firewood. These products represent a M\$ 1,399/ha income and a M\$ 439/ha net gain under the studied plantation characteristics.

Keywords: Thinning, time and yield study, agroforestry.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del sector forestal chileno lo ha llevado a constituirse en una de las principales actividades económicas del país, aportando al PIB un monto cercano al 2,0%. La cubierta forestal del país es de 17 millones de hectáreas, 22,5% de la superficie nacional continental, y está constituida por 14,6 millones de hectáreas de bosques nativos (86%) y 2,4 millones de hectáreas de plantaciones forestales (14%) (INFOR, 2018).

A inicios de los años 70 del siglo pasado la superficie de plantaciones era de unas 450 mil hectáreas y desde entonces el desarrollo de la industria forestal y los incentivos estatales a la forestación (DL. N° 701 de 1974, vigente hasta 2012) han mantenido una tasa de plantación anual cercana a la 100.000 ha en promedio, la que descontados los consumos anuales ha llevado el patrimonio de plantaciones en pie a diciembre de 2016 a 2,4 millones de hectáreas.

Inicialmente las plantaciones eran muy mayoritariamente de pino radiata (*Pinus radiata*), posteriormente se ha incrementado la participación de eucaliptos (*Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*) y otras especies coníferas y latifoliadas. A diciembre 2016 las plantaciones están constituidas por 1.391.039 ha de pino radiata, 592.136 ha de *Eucalyptus globulus*, 268.181 ha de *Eucalyptus nitens* y 162.852 de otras especies (INFOR, 2018).

A diciembre de 2016 en la Región de Aysén existen 35.671 ha de plantaciones en pie, principalmente de pino ponderosa (*Pinus ponderosa*) con 19.348 ha, le siguen en importancia pino contorta (*Pinus contorta*) y pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*), y superficies menores de otras especies (INFOR, 2018).

Esta extensa región del país cuenta con la mayor superficie de bosques nativos, con 4,8 millones de hectáreas que representan un tercio de la superficie de bosques nativos a nivel nacional y 44,9% de la superficie regional (INFOR, 2018). No obstante, la crianza de ganado es una tradición regional desde los tiempos de la colonización de estas tierras, así el uso de los suelos productivos agropecuarios, 746.807 ha, está en un 88,7% destinado a la producción ganadera (INE, 1997).

El objetivo inicial de las plantaciones forestales en la región fue revertir los procesos erosivos de los suelos (Salinas y Acuña, 2013) originados como resultado de los grandes incendios forestales en el periodo de colonización de esta región austral, que comprometieron cerca de 3,5 millones de hectáreas (Quintanilla, 2008) y dejaron los suelos desprovistos de vegetación, deteriorando seriamente su capacidad productiva.

Del total de superficie forestada en la región, aproximadamente el 33% se encuentra en manos de pequeños y medianos propietarios forestales, los que a través de los instrumentos de fomento del Estado (DL N° 701 de 1974) recibieron incentivos por hasta el 90% de los costos netos de sus forestaciones.

El mencionado cuerpo legal contemplaba también incentivos estatales para el manejo de las plantaciones, pero lamentablemente estos fueron muy parcialmente empleados dado que este instrumento de fomento entregaba los incentivos al manejo para plantaciones de hasta 10 años de edad, condición que dejaba al margen las plantaciones de la región debido a que estas por sus condiciones de crecimiento no reunían aún las características técnicas para ser sometidas a prácticas de manejo forestal a esa edad.

Las plantaciones forestales de la región no son actualmente lo suficientemente atractivas para el manejo forestal, debido a múltiples factores que han impedido su desarrollo, como altos costos de cosecha, insuficiente conocimiento de las propiedades de la madera, competencia con maderas traídas del norte, inexistencia de instrumentos de fomento en la actualidad, reducido mercado local, y otros.

Esta situación ha desmotivado a los productores regionales a invertir en su manejo, sin embargo se observa un potencial interesante para el uso silvopastoral que podría incentivar los futuros manejos.

OBJETIVOS

En el país existe escasa documentación sobre intervenciones tardías en plantaciones de rápido crecimiento, por lo cual este trabajo se plantea como objetivo generar información sobre costos y rendimientos en una faena de manejo silvopastoral en una plantación de pino ponderosa de pequeños propietarios de la Región de Aysén.

METODOLOGÍA

Área de Estudio

Los trabajos se realizaron en un área ubicada en la localidad de Emperador Guillermo (Figura N° 1), distante 36 km al noroeste de la ciudad de Coyhaique, en un predio denominado La Amistad ($45^{\circ}18,5' S$, $72^{\circ}4,9' O$). El sector posee una geografía montañosa con valles angostos moldeados principalmente por la actividad glacial. Esta zona corresponde a la ecorregión Templada Húmeda Intermedia (Cfb), los suelos predominantes son andisoles), el clima es frío lluvioso con temperaturas y precipitaciones medias de $8,1^{\circ}C$ y 1.149 mm/año, respectivamente (Hepp y Stolpe, 2014). La topografía del entorno se caracteriza por lomajes suaves. La vegetación de la zona está compuesta por bosques puros de lenga (*Nothofagus pumilio*) en el límite altitudinal, en laderas de menor altitud ocurren bosques mixtos bajos de notro (*Embothrium coccineum*) y coigue (*Nothofagus dombeyi*).

En el predio se ubica una plantación de pino ponderosa de 18 años de edad, con una densidad de 1.360 arb/ha, un área basal de $53,25$ m²/ha y una altura promedio de $10,8$ m. El sotobosque es escaso, compuesto principalmente por rosa mosqueta (*Rosa rubigenosa*) y cubierto por acículas de pino. Se eligió un sector de $0,25$ ha y en el mes de marzo del 2017 se aplicó un raleo con criterio silvopastoral a una intensidad del 50% de la densidad.

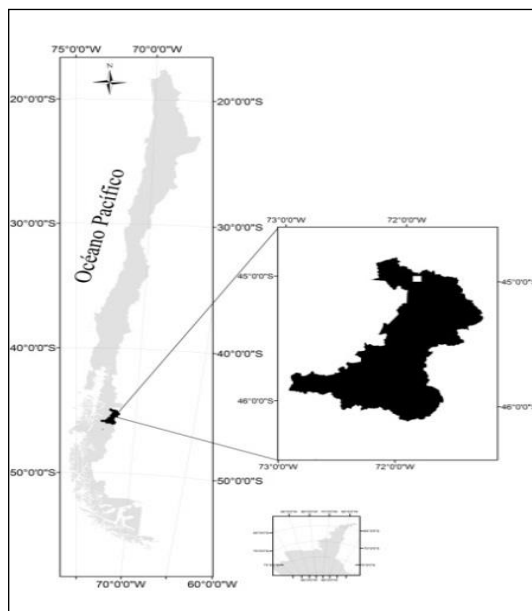


Figura N° 1
UBICACIÓN DEL ENSAYO

Inventario Forestal

La caracterización de la estructura forestal del rodal, antes y después del raleo, se realizó a través de un inventario forestal compuesto por 3 parcelas circulares de 250 m² (radio= 8,92 m). Los parámetros evaluados fueron diámetro del árbol a 1,3 m del suelo (DAP) y altura total de árboles (Ht). Se determinaron valores de densidad (arb/ha), área basal (m²/ha) y para la estimación del volumen (m³/ha) se utilizó la ecuación propuesta por Gonda (2001).

$$V = 0,000214 + 0,000030 * DAP^2 * Ht + 0,000538 * DAP \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde: V = Volumen total sin corteza (m³)
DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)
Ht = Altura total (m)

Sistema de Explotación Forestal

El sistema de explotación utilizado corresponde al de una faena forestal tradicional de pequeños propietarios de la Región de Aysén, que en el caso particular de este estudio estuvo compuesta por la siguiente secuencia de actividades o subsistemas:

Subsistema Volteo: Esta actividad fue realizada por un operador especializado, se ejecutó en forma manual mediante el uso de una motosierra marca STIHL, modelo 250 de 3,1 Hp con espada de 18" de largo. Esta actividad consideró las etapas de selección de árbol a cortar, limpieza de vías de escape, despeje de base, corte de dirección, corte de caída y rebaje del tocón.

Subsistema Desrame y Trozado: Este proceso considera dos actividades; la primera es el desrame que consiste en eliminar la totalidad de ramas que posee el fuste completo. La segunda actividad es el trozado, que constituye la corta del fuste a diferentes medidas para maximizar el aprovechamiento maderable de cada árbol, diferenciado según su importancia económica para el productor en: (i) madera aserrada de 3,2 m de largo, (ii) postes de 2,2 m de largo y (iii) leña de 1,0 m de largo. En este proceso el operador forestal especializado es quien decidió la clasificación y corte del fuste, en base a la calidad de las trozas. En esta etapa se registraron las variables largo fustal, diámetro menor de trozos maderables y número de trozos y postes.

Subsistema Ordenación de Productos y Residuos del Raleo: Etapa que consistió en el arrumado de los productos menores (leña) obtenidos del raleo, ordenados al interior de la plantación en rumbas de 1,0 m de altura. En esta etapa también se desarrolló la ordenación de residuos que provienen del raleo. Estos residuos quedaron ordenados al interior y en los bordes del rodal en fajas de baja altura, orientadas de forma perpendicular a las curvas de nivel. Ambas actividades fueron realizadas por dos jornales.

Subsistema Poda y Ordenamiento de Desechos: Corresponde a la eliminación de las ramas inferiores de los árboles remanentes del área de estudio. Esta faena se desarrolló por un técnico especializado, al cual se le entregó la instrucción de podar la totalidad de árboles remanentes del rodal en estudio. La poda se realizó hasta los 6,0 m desde la base del árbol, correspondiente al 4° o 5° verticilo. La herramienta utilizada para la actividad fue tijerón neozelandés y escalera de poda. Los residuos de esta actividad fueron dispuestos en las mismas fajas de las ramas acopiadas en la etapa de ordenamiento de productos y desechos del raleo.

Subsistema Madereo y Acopio: Esta etapa consiste en la extracción de los productos de mayor valor comercial para el propietario (postes y trozos) desde el interior del rodal hasta un lugar de acopio ubicado a una distancia promedio de 70 m (ciclo completo= 140 m). El madereo y acopio fue realizado por un operador utilizando una yunta de bueyes.

Para cada actividad principal del sistema de cosecha, se registraron los tiempos del operador y variables individuales de los árboles, con ello se construyeron funciones lineales de las etapas de tiempo de volteo, desrame y trozado que pudiera servir de estimadores en futuras intervenciones. En resumen, el sistema de explotación forestal estuvo compuesto por una cuadrilla de 4 trabajadores con las siguientes funciones. 1 personal técnico que registró el tiempo de cada actividad, 1 personal jornal encargado de las labores de volteo, desrame, trozado y ordenación de residuos. 1 personal jornal especializado encargado de la poda. 1 personal jornal encargado del madereo con bueyes.

Estudio de Tiempo y Rendimiento

El estudio de tiempos es una técnica para cuantificar una tarea determinada con la mayor exactitud posible, partiendo de un número limitado de observaciones. El sentido de este trabajo es poder estimar productividad y rendimiento en una faena de raleo tardío de una plantación de pino ponderosa de 18 años de edad. Para ello, se utilizó un método de explotación tradicional que es aplicable a la realidad de los pequeños productores de la Región de Aysén.

Para la determinación del tiempo empleado en cada etapa, se ha utilizado una adecuación simple del método Vuelta a Cero o tiempo de retorno (Currie, 1979; Carey *et al.*, 2006), el cual consiste en cronometrar cada etapa del sistema de explotación forestal y registrar la información en una planilla diseñada previamente para ser implementada en terreno, de acuerdo con los requerimientos del estudio. Las etapas del estudio de tiempos se describen en el Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1
DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS EMPLEADAS EN LA EVALUACIÓN
DEL ESTUDIO DE TIEMPO Y PRODUCTIVIDAD

Etapas	Descripción
Volteo	Corresponde al tiempo destinado entre la corta del árbol hasta el momento que cae al suelo. Si el árbol queda estribado el tiempo es detenido y la actividad finaliza.
Desestribado	Corresponde al tiempo ocupado en "desestribar" un árbol, el cual luego de la realización del corte de caída en la etapa de "volteo" no ha podido llegar al suelo de forma natural quedando enganchado o en contacto con otro individuo, impidiendo que se pueda desarrollar la siguiente etapa de <i>desrame</i> y <i>trozado</i> .
Desrame	Corresponde al tiempo destinado en quitar la totalidad de ramas al árbol, sin considerar la ordenación de ramas.
Trozado	Corresponde al tiempo destinado en trozar el fuste completo hasta un diámetro mínimo de utilización de 10 cm. El trozado se inicia desde la base del fuste seleccionando trozos (3,2 m de largo), postes (2,2 m de largo) y finalmente leña (1,0 m de largo).
Ordenamiento de desechos del raleo y apilado de leña	Tiempo destinado a realizar labores de ordenación de todos los residuos derivados del raleo. Estos residuos son ordenados al interior del rodal en fajas de baja altura. También considera el apilado de leña al interior del rodal.
Poda y ordenamiento de desechos de poda	Tiempo destinado a la poda de todos los árboles remanentes del rodal. Además se consideró la actividad de ordenación de los desechos de poda en esta etapa.
Madereo y acopio	Corresponde al tiempo destinado al traslado de trozos desde el interior del rodal hacia un área de acopio (distancia media de 70 m). En esta etapa se consideró un madereo tradicional a través de bueyes.
Tiempos complementarios	Corresponde a todos los tiempos que no forman parte del ciclo productivo de la faena forestal. Se ha querido simplificar este concepto conteniendo en él todos aquellos tiempos que son complementarios a la faenas forestal propiamente tal, tales como tiempos de recarga de combustible y lubricantes de la motosierra, afilado de cadena, limpieza del equipo, descansos del operador, fallas del equipo, etc.

Para determinar volumen por productos maderables (trozos) se utilizaron los datos obtenidos al momento de la etapa de trozado, midiendo el diámetro de la cara menor y el largo total de cada trozo, para posteriormente cubicarlo mediante JAS, *Japanisse Standart Agriculture* (Ecuación N° 2). La cuantificación de otros productos (postes y leña) fue a través de medición directa en terreno. Lo anterior, permitió estimar el volumen en trozo (m³/trozo); volumen de leña (m³st/ha) y número de postes (unidades/ha).

$$V = D^2 * L * 1/10.000 \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde: V = Volumen (m³)
D = Diámetro de la cara menor de la troza (cm).
L = Largo nominal de la troza (m)

En términos generales, el concepto de productividad se define como la relación entre la cantidad de bienes producidos y la cantidad de recursos utilizados; se la puede calcular relacionando la cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo (Nájera Luna, 2010). En este estudio la productividad se calculó dividiendo el resultado obtenido del raleo (en cantidad de árboles cortados y volumen apeado) por el tiempo operativo total utilizado; fue expresada en árb/h y en m³/h (de Suoza *et al.*, 2004). Luego se estimó la productividad diaria (PD), proyectando la cantidad de metros cúbicos que se puede ralear por jornada de trabajo.

Estudio de Costos

Para determinar los costos de la faena de raleo se consideró lo siguiente:

Determinación de actividades y sub actividades consideradas dentro del raleo.

Determinación de costos por ítem, para ello se estimó el costo de la mano de obra, alimentación, herramientas e insumos.

Por tratarse este de un trabajo que pretende dar las pautas para un posible instrumento de fomento por parte del Estado, se determinó un escenario en función de la realidad de la Región de Aysén denominado "óptimo" que considera todos los costos y actividades en los que el propietario o un tercero incurriría para la realización de la faena forestal.

- Mano de Obra

Para la estimación de los costos del ítem *mano de obra* se consideraron cuatro actividades:

Faena de raleo: Considera las labores de volteo, trozado y desrame de árboles, utilizando la unidad de medida jornadas (jor/día) para la estimación de los costos. El valor unitario de cada jornada considera que el trabajador utilice su motosierra personal.

Ordenamiento de desechos del raleo y apilado de leña: Considera dos personas para ordenar los residuos productos del raleo (biomasa obtenida de la copa principalmente) y apilado de leña al interior del rodal.

Poda y ordenación de desechos: Corresponde a la eliminación de las ramas laterales de cada árbol residual junto con la ordenación de desechos producto de esta faena. Esta labor fue desarrollada por un operario forestal, utilizando tijerón de poda neozelandés y escalera para desarrollar una faena de poda que alcanza hasta el 4° o 5° verticilo de cada árbol.

Madereo y acopio: Esta labor la desarrolla un trabajador forestal con sus bueyes y aperos y corresponde a la acción de extraer del bosque los productos mayores obtenidos de este manejo (postes y varas) y dejarlos ordenados en un sector de acopio para ser utilizado en mejoras prediales o disponibles para ser comercializados.

- **Otros**

El ítem otros considera la estimación de costos de los elementos de protección personal, la alimentación, insumos y herramientas utilizadas directamente en la faena forestal. Para los costos de cada subítem se consideraron valores de mercado regional.

RESULTADOS

Estructura Forestal

La intervención realizada generó la disminución de la densidad (N) en un 41% disminuyendo de 1.360 a 800 árb/ha (Cuadro N° 2), generando un espaciamiento medio de 3,5 m entre cada árbol remanente. De la misma manera se disminuyó el área basal de 53,3 a 34 m²/ha lo que representó una intervención de un 36% del área basal (AB).

Cuadro N° 2
PROMEDIOS Y DESVÍOS DE LAS PRINCIPALES VARIABLES DE LA ESTRUCTURA ANTES Y DESPUÉS DEL RALEO

Condición	N (arb/ha)	AB (m ² /ha)	DCM (cm)	HD (m)
Antes raleo	1.360 ± 105,83	53,26 ± 1,68	22,37 ± 1,17	10,80 ± 0,20
Después raleo	800 ± 105,83	34,03 ± 2,42	23,36 ± 1,59	11,83 ± 0,76

N: Densidad; AB: Área Basal; DCM: Diámetro Cuadrático Medio; HD: Altura Dominante

El raleo por lo bajo permitió aumentos en algunos parámetros del rodal (Figura N° 2). En el caso del diámetro medio cuadrático (DMC) ocurrió una variación positiva de 22,3 a 23,3 cm mientras que para la altura media (HM) también se observó un incremento de 1,0 m.

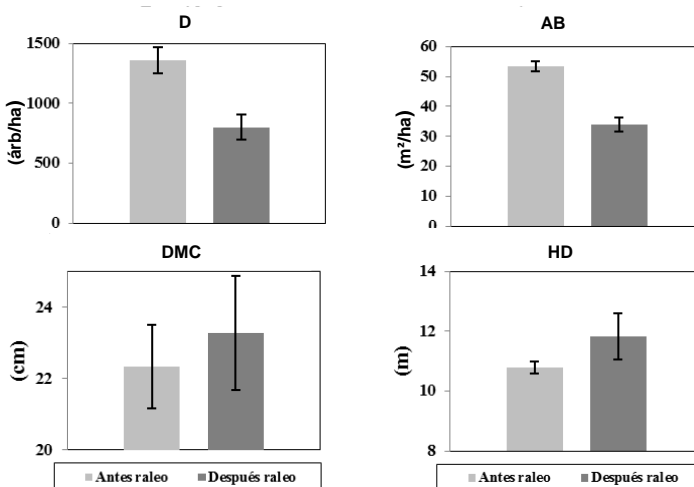


Figura N° 2
VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS DASOMÉTRICOS ANTES Y DESPUÉS DEL RALEO

La intensidad de raleo aplicado a la plantación no hizo variar la estructura regular. Debido a la nula intervención anterior de esta plantación y lo tardío del manejo realizado, fue necesario aplicar una combinación de raleo por lo bajo y por los alto (Figura N° 3).

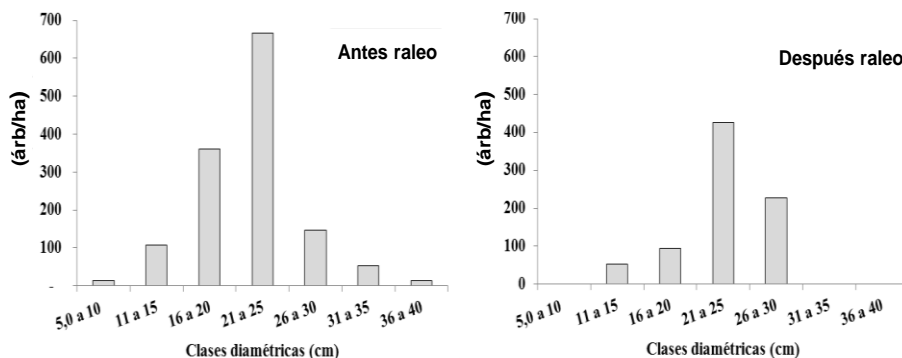


Figura N° 3
DISTRIBUCIÓN DIAMÉTRICA

Estudio de Tiempo

Este estudio permitió describir los tiempos de cada una de las cuatro grandes actividades que componen la faena forestal; raleo, poda, ordenamiento de desechos y madereo. La actividad de raleo estuvo compuesta por cuatro sub actividades, que correspondieron al volteo, desestribado, desrame y trozado.

En cada una de ellas se determinó el tiempo promedio de cada subactividad con el fin de determinar cuáles de ellas demandan mayor tiempo (Figura N° 4).

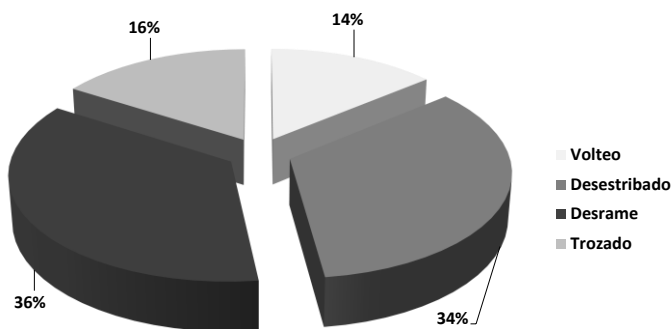


Figura N° 4
TIEMPO DESTINADO A CADA SUB ACTIVIDAD

Los procesos que demandan mayor tiempo en la actividad de raleo son el desrame, desestribado, trozado y volteo, con estimaciones porcentuales de 36%, 34%, 16% y 14%, respectivamente.

Del mismo modo se determinaron los tiempos de todas las actividades de la faena forestal,

incluidos los tiempos complementarios, para determinar aquellas actividades que demandan mayor y menor tiempo.

Las actividades que demandaron mayor tiempo en la faena de raleo fueron la ordenación de desechos y el madereo, cada una con un total de 4,0 jor/ha (un 26% del total), seguidas por el raleo y poda con un tiempo de ejecución de 3,8 y 3,0 jor/ha, respectivamente (Figura N° 5).

Mientras que la actividad que demandó menor periodo de ejecución fue el tiempo complementario con 1,0 jor/ha (6,8 h/ha). El tiempo total destinado a la faena forestal fue aproximadamente 125 h/ha, esto es un total de 15,6 jor/ha.

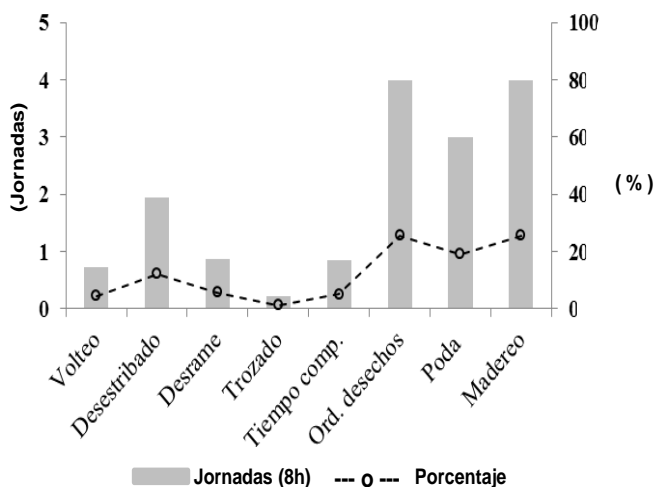


Figura N° 5
JORNADAS DE TRABAJO Y PORCENTAJE DESTINADO A CADA ACTIVIDAD DE LA FAENA

En la Figura N° 6 se muestra el análisis de la relación entre el DAP y los tiempos de tres de las cuatro actividades principales de la etapa de raleo (volteo, desrame y trozado).

En cada actividad se registraron los tiempos que tardó el operador para cada individuo y para cada una se desarrolló una ecuación lineal que puede servir de estimador de las prácticas implementadas.

El tiempo de volteo no fue explicado de buena forma por la ecuación lineal ($R^2=0,3$), esto se podría relacionar a diferentes externalidades que ocurren en esta actividad, dada la alta densidad del rodal que provoca que los fustes queden estribados al momento de realizar el volteo.

En el caso de los tiempos destinados a las actividades de desrame y de trozado las ecuaciones los explican en un 70% y un 55%, respectivamente.

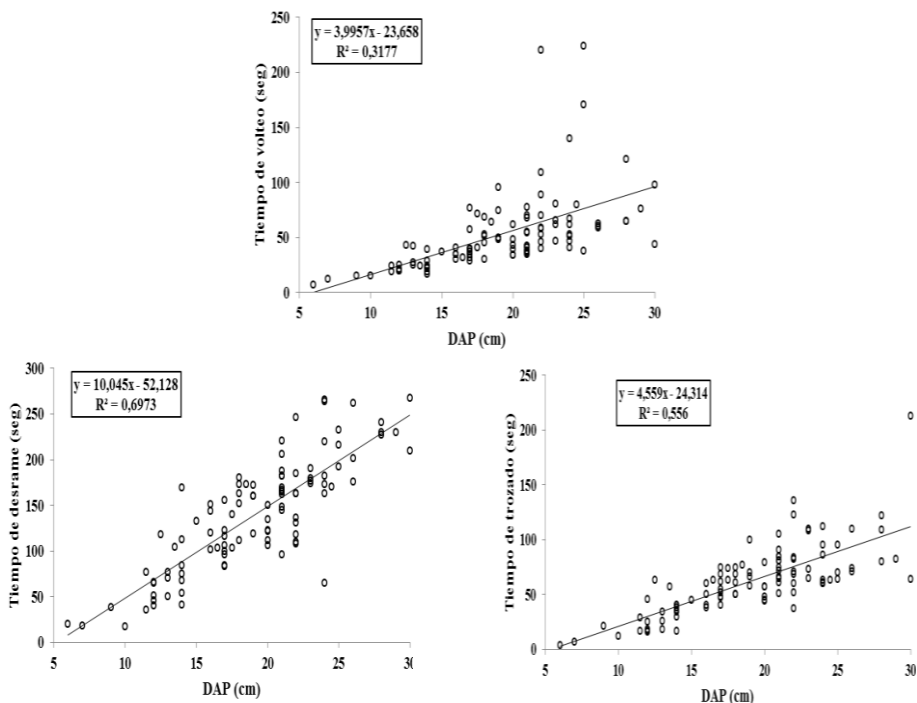


Figura N° 6
RELACIÓN DEL DIÁMETRO A LA ALTURA DEL PECHO (DAP) CON LOS TIEMPOS DE LAS SUB ACTIVIDADES DE VOLTEO, DESRAME Y TROZADO

Estudio de Costos

En el Cuadro N° 3 se muestra la estructura de costos de la faena, el costo total considerando valores de mano de obra, insumos y herramientas fue de \$963.761/ha (20,38 UTM/ha).

El mayor costo fue por concepto de mano de obra, que representó un 75% del costo total y las actividades de mayor costo fueron el raleo, la ordenación de desechos, el madereo y la poda, representando el 43%, 23%, 20% y 14% del total de mano de obra, respectivamente.

Cuadro 3
ESTRUCTURA DE COSTOS

Labores	Unidad	Personas (N°)	Jornadas (N°)	Unidad (\$)	Valor (\$/ha)	Valor** (UTM/ha)
Raleo*	Jornadas	1	4,5	50.000	225.000	4,76
	Jornadas	1	4,5	20.000	90.000	1,90
Ordenamiento de desechos y apilado de leña	Jornadas	2	4,1	20.000	164.000	3,47
Poda y ordenación	Jornadas	1	3,0	35.000	105.000	2,22
Madereo y acopio	Jornadas	1	4,1	35.000	143.500	3,03
Subtotal Mano de Obra (A)					727.500	15,38

Labores	Detalle	Valor (\$/ha)	Valor (UTM/ha)
Raleo	Elementos protección personal	4.315	0,09
	Alimentación	31.500	0,67
	Insumos	38.160	0,81
	Herramientas	9.902	0,21
Ordenamiento de desechos y apilado de leña	Elementos protección personal	3.186	0,07
	Alimentación	57.400	1,21
	Insumos	0	0
	Herramientas	559	0,01
Poda y ordenación	Elementos protección personal	609	0,01
	Alimentación	10.500	0,22
	Insumos	0	0
	Herramientas	2.225	0,05
Madero y acopio	Elementos protección personal	832	0,02
	Alimentación	14.350	0,3
	Insumos	0	0
	Herramientas	62.723	1,33
Subtotal insumos y herramientas (B)		236.261	5,00
COSTO TOTAL (A + B)		963.761	20,38

* Valores mano de obra: Operador motosierra \$50.000/jornada; operador jornal \$20.000/jornada; operador poda y madero \$35.000/jornada.

** Valor UTM correspondiente al mes de marzo de 2018.

Rendimiento de Productos

De los árboles raleados fue posible obtener 3 tipos de productos que quedan disponibles para el uso del propietario. Estos productos valorizados y llevados a un valor por hectárea son detallados en el Cuadro N° 4.

**Cuadro 4
PRODUCCIÓN**

Producto	Unidad	Cantidad (Unidades)	Valor* (\$)	Total	
				(\$/ha)	(UTM/ha)**
Madera aserrada	Pulgada pinera	246	2.500	615.000	13,00
Postes	Unidad	464	1.000	464.000	9,81
Leña	Metro Estéreo	40	8.000	320.000	6,77
Total ingresos				1.399.000	29,58

* Valor comercial: Precios referenciales de los productos puestos en el predio según mercado local.

** Valor UTM correspondiente al mes de marzo de 2018.

En las condiciones particulares de la plantación de pino ponderosa estudiada los ingresos producto de la intervención fueron de \$ 1.399.000 /ha. Los productos que generaron los retornos al productor fueron la madera aserrada, postes y leñas, con un 44%, 33% y 23% del total, respectivamente.

DISCUSION

A inicios de la década de los 70 y con el propósito de recuperar suelos erosionados y en proceso de degradación, se llevó a cabo un plan de forestación con coníferas exóticas en la Región de Aysén. Sin embargo, aún no se dispone de información suficiente acerca de la rentabilidad esperable de esta inversión que oriente decisiones públicas o privadas. Las acciones silvícolas practicadas en el área de estudio corresponden a la primera intervención de carácter "tardío" implementadas en un rodal de pino ponderosa de 18 años de edad. Con estas actividades de manejo en plantaciones forestales se busca poner en producción sitios en desuso y de poco valor.

La aplicación de cortas intermedias además de fomentar el crecimiento y productividad maderera, provoca condiciones que estimulan el crecimiento de la pradera aumentando la base forrajera del predio y de esta forma aseguran producción diversificada (Peri *et al.*, 2009). La importancia de los sistemas silvopastorales está dada por los múltiples beneficios que pueden generar a los productores, al integrar la actividad ganadera con la obtención de productos madereros provenientes del manejo del bosque.

De esta forma, se transforman en un sistema continuo que otorga ingresos anuales derivados de prácticas pecuarias y productos intermedios del manejo del bosque (Salinas *et al.*, 2017). En este sentido, las prácticas de raleos en plantaciones forestales podrían constituirse en intervenciones de características sinérgicas, en las que se mejora el crecimiento de los árboles remanentes y a la vez la producción de forraje y el uso por parte de los animales de la cubierta forestal para la protección en invierno, integrado esto con la conservación de la biodiversidad, el paisaje y la calidad de vida de las comunidades (Peri y Ormaechea, 2009).

Una pregunta recurrente entre autoridades de gobierno, tanto nacional como local, es si existen antecedentes para probar la contribución de los Sistemas Agroforestales a la economía rural y a su sustentabilidad en Chile, para así promover su uso. Existen diversos estudios, tanto de autores chilenos como extranjeros, que valoran el aporte de los árboles y arbustos en sistemas agroforestales en la protección del medio natural, donde se ha documentado que pueden reducir la erosión y modificar algunos aspectos climáticos del entorno en beneficio de la agricultura y ganadería, si estos se usan en forma integrada con algún ordenamiento espacial.

Algunos de los beneficios que se han identificado para la integración de especies arbóreas y animales bajo sistemas silvopastorales en predios ganaderos, agrícolas de secano y/o forestales tradicionales, son aprovechar la protección que puede ofrecer el árbol, tanto a los animales como a la pradera y cultivos, frente a condiciones climáticas adversas (Sotomayor, 1989); mejorar la belleza escénica del predio y el valor de la propiedad (Sotomayor y Cabrera, 2006; Sotomayor 2009), y proteger y mejorar los suelos (Murgeitio, 2009), entre otros. Estos antecedentes son los que han permitido promover el uso de sistemas agroforestales en Chile.

Según Carey *et al.* (2006) un sistema de cosecha forestal en plantaciones de *Eucalyptus* sp. de corta rotación se caracteriza por la alta ocupación en mano de obra y una baja escala de producción. Por el contrario, el manejo de las plantaciones de la Región de Aysén ocupa baja cantidad de mano de obra, tal como se describe en el presente estudio, donde solo se utiliza una cuadrilla compuesta por dos personas y una yunta de bueyes.

El sistema de madereo se realizó a favor de la pendiente, con distanciamientos medios correspondientes a 70 m. Tal como indica Silverades y Segerström (1983), este tipo de madereo a favor de la pendiente, con distancia de madereo promedio de 50 m, favorece la faena con bueyes.

Este tipo de manejo se desarrolla en condiciones normales de un propietario de la Región de Aysén, donde la actividad forestal se ha ganado un espacio dentro del quehacer tradicional rural, pues se ha demostrado que este tipo de acciones genera ingresos y aportan de manera significativa a la economía familiar campesina.

Por años se creía que el manejar plantaciones forestales en la Región de Aysén no generaba utilidades aplicando las primeras cortas intermedias, sin embargo queda demostrado que

las utilidades podrían incluso verse aumentadas al poner a disposición productos forestales primarios tales como leña, postes y trozos para la producción de madera aserrada, productos respecto de los cuales no se conocen a cabalidad sus características técnicas.

La madera aserrada y los postes de pino ponderosa han venido ganando un espacio al interior del mercado local, posicionándose como una alternativa económicamente viable para acciones de construcción y reparación de infraestructura primaria al interior de los mismos predios donde se producen las intervenciones. Además, la leña de coníferas está siendo adquirida y valorada por los consumidores, transformándose en una alternativa para solucionar problemas sociales de la población, en especial en época invernal.

Actualmente no existe una política de estado que financie el manejo de plantaciones forestales en Chile. Desde la expiración del D.L. N° 701 en el año 2012, no se ha incentivado el manejo en este tipo de plantaciones, lo que se observa particularmente en la Región de Aysén donde se encuentran plantaciones sin manejo, principalmente de pequeños propietarios, que no aportan ingresos a la economía familiar campesina, pues sus tasas de crecimiento están muy por debajo de lo que podrían estar con un manejo oportuno.

Estos terrenos podrían estar siendo utilizados bajo un sistema silvopastoral, contribuyendo con productos forestales primarios por concepto del árbol y producción agrícola y/o pecuaria de la pradera natural. Mientras el estado no asuma un rol protagónico en estas materias, estos terrenos seguirán siendo subutilizados, desincentivando a los dueños de bosque a seguir forestando.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio de tiempo y rendimiento permiten por primera vez en la Región de Aysén determinar los productos madereros obtenidos en la faena de raleo y, a la vez, conocer el costo de manejo de una plantación juvenil de pino ponderosa. Con esta información, fidedigna de un trabajo de campo, los organismos del Estado tendrían la base para implementar instrumentos de fomento al manejo forestal de estas plantaciones.

El sistema descrito en el estudio es una opción aplicable en faenas forestales de pequeña escala en la Región de Aysén incluso en invierno cuando la ocupación de mano de obra es escasa.

La información presentada en este estudio es de interés para productores y técnicos del rubro forestal y muestra la utilidad real que genera el manejo de plantaciones forestales en la región. Producto de la intervención silvícola aplicada a la plantación de pino ponderosa de 18 años de edad, fue posible obtener una utilidad de \$ 435.247 /ha, la que podría convertirse en un atractivo para reactivar el manejo de las plantaciones de la Región de Aysén.

El margen de ganancia indicado para los productores podría verse facilitado por un instrumento de fomento estatal que los apoye en las primeras fases del manejo.

El desarrollo de sistemas silvopastorales en plantaciones forestales de la Región de Aysén podría constituir una alternativa productiva sustentable, que además ofrece la posibilidad de recuperar ecosistemas degradados.

Con los resultados expuestos en este trabajo se fundamenta técnicamente la posibilidad de generar un proceso que incentive el manejo de plantaciones forestales en la región y su conversión a sistemas silvopastorales, con los beneficios para los propietarios de mejoramiento de los ingresos del grupo familiar, aumento de la productividad de los predios, control de la erosión y provisión de material energético para sus hogares.

Es entonces un desafío para legisladores e instituciones de fomento generar un instrumento específico que incentive el manejo de plantaciones, permitiendo transformarlas en áreas productivas de uso múltiple y constituyendo un valioso aporte al desarrollo rural en una región extrema del país.

REFERENCIAS

- Carey, B.; Figueroa, S. y Valenzuela, C., 2006.** Evaluación técnica de un sistema tradicional de cosecha en plantaciones de *Eucalyptus globulus* de corta rotación en Valdivia, Chile. *Bosque (Valdivia)*, 27(3), 272-276.
- Currie, R., 1979.** Análisis y medición del trabajo. México D.F., México. Diana. 348 p.
- De Souza, A. P.; Minette, L. J.; Moreira, F. M. T.; Machado, C. C. y Silva, K. R., 2004.** Análise do desempenho da máquina *slingshot* em subsistemas de colheita em florestas de eucalipto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 8(2-3): 316-320.
- Gonda, H., 2001.** Manejo de Pino Ponderosa. CIEFAP- Patagonia Forestal, Año VII, N° 3, pp7-10.
- Hepp, C. y Stolpe, N. B., 2014.** Caracterización y propiedades de los suelos de la Patagonia occidental (Aysén). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación INIA Tamel Aike, Coyhaique, Aysén-Patagonia, Chile. 160 pp.
- INE, 1997.** VI Censo Nacional Agropecuario. Santiago, Chile.
- INFOR, 2018.** Anuario forestal 2018. Instituto Forestal, Chile. Boletín Estadístico N° 163. Santiago, Chile. 188 pp.
- Quintanilla, V., 2008.** Perturbaciones a la vegetación nativa por grandes fuegos de 50 años atrás, en bosques nordpatagónicos. Caso de estudio en Chile Meridional. *Anales de Geografía* 28(1): 85-104.
- Murgeitio, E., 2009.** Aspectos relacionados con la sustentabilidad social y ambiental de los sistemas silvopastoriles en América tropical. En: *Actas del 1er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*. Posadas, Misiones Argentina. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina. Pp. 66-69.
- Nájera Luna, J. A., 2010.** Evaluación del proceso productivo maderable en la región de El Salto, Durango, México [Tesis doctoral]. Nuevo León: Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nueva León. 198p.
- Peri, P. y Ormaechea, S., 2009.** Relevamiento de los bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Santa Cruz: Base para su conservación y manejo. Ediciones INTA. Santa Cruz, Argentina. 89 p.
- Peri, P. L.; Hansen, N.; Rusch, V.; Tejera, L.; Monelos, L.; Fertig, M.; Bahamonde, H. y Sarasola, M., 2009.** Pautas de manejo de sistemas silvopastoriles en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* (ñire) en Patagonia. *Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*, pp. 151-164, Ediciones INTA. Posadas, Misiones, 14 al 16 de mayo 2009.
- Salinas, J. y Acuña, B., 2013.** Conversión de plantaciones forestales a sistemas silvopastorales en la Región de Aysén. *Revista Ciencia e Investigación Forestal INFOR*, Volumen 19 N° 1. 12 p.
- Salinas, Jaime; Peri, Pablo L.; Hepp, Christian y Acuña, Bernardo, 2017.** Sistemas Silvopastorales en Bosques de Ñirre (*Nothofagus antarctica* (G. Forst.) Oerst.) de la Región de Aysén. Instituto Forestal, Chile. Documento de Divulgación N° 43. 60 p.
- Silverades, R. y Segerström, G., 1983.** Tecnología básica en operaciones forestales. Roma. FAO. 122 p. (Estudio FAO Montes, 36).
- Sotomayor, A., 1989.** Sistemas silvopastorales y su manejo. Documento Técnico N° 42. *Revista Chile Forestal*, Diciembre 1989. CONAF. 8p.
- Sotomayor, A., 2009.** Sistemas silvopastorales, alternativa de producción integrada para un desarrollo sustentable de la agricultura en Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*, Volumen 16 N° 1: pp. 19-51.
- Sotomayor, A. y Cabrera, C., 2006.** Análisis de un Sistema Silvopastoral con *Pinus radiata* D. Don, Asociado con Ganado Ovino en la Zona Mediterránea Costera Central de Chile. En: *3er Congreso de Ciencias Forestales*, organizado por la Sociedad de Ciencias Forestales de Chile. Concepción, Chile.

SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO INICIAL DE SUBESPECIES Y PROCEDENCIAS DE *Acacia saligna* (Labill.) H.L. Wendl EN EL SECANO DE LA REGIÓN DEL MAULE, CHILE

Gutiérrez, Braulio⁷ ; Rojas, Patricio⁸ y Soto, Hernán⁶

RESUMEN

Acacia saligna es cultivada como especie exótica en la Región de Coquimbo, donde existen alrededor de 7.500 ha orientadas principalmente a producción de forraje, combustible, recuperación de suelos y control de erosión. Sus semillas además poseen aplicaciones potenciales en la industria de alimentos funcionales. La gran variabilidad exhibida por la especie sugiere que también podría cultivarse en el secano costero e interior de la Región del Maule.

A pesar de lo anterior, su baja digestibilidad y altos contenidos de taninos hacen de *A. saligna* un forraje poco atractivo como fuente única de alimento para ganado. Sin embargo, esta característica, así como su crecimiento, supervivencia y otras pueden ser objeto de mejora al explorar adecuadamente la enorme variabilidad que la especie presenta.

En este contexto, en mayo de 2018 se evaluó dos ensayos de procedencias con el objetivo de examinar su supervivencia y crecimiento, uno en la zona de transición costa-secano del Maule (Chanco) establecido en el año 2014 y otro en el secano interior de la misma región (Cauquenes), establecido el año 2015. Estos ensayos contienen una colección de 11 procedencias de Western Australia, que incluye a las principales cuatro subespecies reconocidas para esta especie: *lindleyi*, *saligna*, *pruinescens* y *stolonifera*. Antes de establecer estos ensayos, en el país solo habría estado presente la subespecie *pruinescens* con una pequeña participación de *lindleyi* en otros ensayos del Instituto Forestal en la Región de Coquimbo.

Mediante análisis de varianza y comparaciones múltiples de medias se concluye que en la zona de transición costa-secano (Chanco) las mejores procedencias, en términos de crecimiento y supervivencia, corresponden a Bambun Rd. y Palmer Block, mientras que las mejores subespecies resultan ser *pruinescens* y *saligna*; por su parte, en el secano interior (Cauquenes) las mejores procedencias en cuanto a supervivencia y crecimiento fueron Flynn Drive y Muntagin, y las subespecies de mayor supervivencia fueron *stolonifera* y *saligna*, mientras que la de mejor crecimiento fue la subespecie *saligna*.

Se sugiere confirmar los resultados con una nueva evaluación a mayor edad de los ensayos y complementarla con análisis de productividad y calidad forrajera, así como también con una evaluación de productividad de semillas, las cuales tendrían importantes aplicaciones potenciales como alimentos funcionales.

Palabras clave: *Acacia saligna*, procedencias, subespecies, crecimiento, secano Región del Maule

⁷ Instituto Forestal, Sede Biobío. bgutierr@infor.cl; hsoto@infor.cl

⁸ Instituto Forestal, Sede Metropolitana. parojas@infor.cl

SUMMARY

Acacia saligna is grown as an exotic species in the Coquimbo Region, where there are around 7,500 ha, mainly oriented to forage production, fuel, soil recovery and erosion control. Their seeds would also have potential applications in the functional food industry. The great variability exhibited by the species suggests that it could also be cultivated in the coastal and inland drylands of the Maule region.

Even so, its low digestibility and high tannin contents make *A. saligna* unattractive forage as a single source of food for livestock. However, this characteristic, as well as its growth, survival and others, can be improved by adequately exploring of the enormous variability that the species presents.

With the aim of analyze the survival and growth of *A. saligna*, two provenance trials were evaluated in May 2018, one in the transition zone between littoral and dryland of Maule (Chanco) established in 2014 and other one in the interior dryland of the same region (Cauquenes), established in 2015. Both trials represent a collection of 11 provenances of Western Australia that include the four main subspecies recognized for this species: *lindleyi*, *saligna*, *pruinescens* and *stolonifera*. Before establishing these trials, mainly the subspecies *pruinescens* and a small participation of *lindleyi* would have been present in the country.

Through analysis of variance and multiple means comparisons, it is concluded that in the coastal zone (Chanco) the best provenances, in terms of growth and survival, correspond to Bambun Rd. and Palmer Block, while the best subspecies were *pruinescens* and *saligna*; on the other hand, in the interior dryland (Cauquenes) the best provenances in terms of survival and growth were Flynn Drive and Muntagin, the subspecies of greater survival were *stolonifera* and *saligna*, while the one with the best growth was the subspecies *saligna*.

It is suggested to confirm the results with a new evaluation at an older age of the trials and to complement it with productivity and forage quality analysis, as well as with an evaluation of seed productivity, which would have important potential applications as functional food.

Key words: *Acacia saligna*, provenances, subspecies, growth, dryland, Maule Region

INTRODUCCIÓN

Acacia saligna es un arbusto de la familia *Fabaceae*, originario del sudeste de Australia. Es una especie colonizadora, que puede crecer en suelos pobres y sitios con baja precipitación, razón por la que se ha naturalizado o se la cultiva en distintas regiones del mundo. Se planta principalmente en zonas semiáridas, donde constituye una interesante fuente de forraje, leña y taninos, teniendo además usos como cortina cortaviento, estabilización de dunas, protección del suelo, fijación de nitrógeno y ornamento, entre otros.

En Chile la especie es considerada un recurso forestal con aptitud para el establecimiento de sistemas agroforestales en la zona semiárida, donde se han registrado producciones de 0,8 a 2,2 toneladas de forraje seco por hectárea en plantaciones de 3 a 4 años establecidas en el secano interior de la provincia de Chopa (Perret y Mora, 1999), aunque su baja digestibilidad y altos contenidos de taninos hacen de *A. saligna* un forraje poco atractivo como fuente única de alimento para ganado (George *et al.*, 2007).

Por otra parte, la especie posee un interesante potencial para uso agroalimentario mediante la producción de harina a partir de sus semillas. Esta harina posee atractivas características funcionales, entre ellas un alto contenido de componentes antioxidantes (mayores que el maqui y el calafate), alto porcentaje de proteínas, actividad antihipertensiva y presencia de ácido djenkólico, este último tendría actividad como controlador de diabetes tipo 2 (Rojas, 2011; Rojas *et al.*, 2014).

A. saligna se caracteriza por exhibir gran variabilidad morfológica y también en atributos ecológicos y biológicos. Tal variabilidad ha motivado que se diferencien cuatro sub especies o variedades geográficas: (i) *ssp saligna* conocida como la variedad "cyanophylla"; (ii) *ssp pruinescens* como la variedad "Tweed River" o "Blue"; (iii) *ssp lindleyi* como la variedad "típica"; y (iv) *ssp stolonifera* como la variedad "forestal". Las subespecies muestran importantes diferencias en cuanto a su hábito de crecimiento, adaptabilidad climática, potencial de biomasa (follaje para la producción de forraje y/o semillas), valor nutricional para forraje, capacidad de retoñación y propagación vegetativa (estacas y/o estolones), se diferencian también a nivel molecular y ofrecen una importante fuente de variación para programas de selección y mejoramiento genético (George *et al.*, 2006; 2007; McDonald *et al.*, 2007; Millar *et al.*, 2008; 2011) .

Durante la década de 1970, el Instituto Forestal (INFOR) probó en Chile diferentes especies del género *Acacia* tolerantes a la sequía, siendo *Acacia saligna* la especie que mostró mejor adaptación y productividad en las zonas semiáridas del país. Su gran adaptación permitió mediante el DL 701 la plantación de hasta 15.000 hectáreas en la Región de Coquimbo (Cerda, 2007), y otras superficies menores en distintas regiones del país. Posteriormente la existencia de acacia saligna en la región de Coquimbo ha disminuido, estimándose en aproximadamente 7.500 ha (Gonzalez, 2014, cit. por Rojas *et al.*, 2014).

Tras su introducción se han desarrollado experiencias silvícolas y genéticas y establecido diversos ensayos para evaluar técnicas de establecimiento, producción forrajera, efecto de riego, determinación de parámetros genéticos y selección de procedencias para distintas condiciones de sitio. En este último contexto se enmarca el establecimiento de dos ensayos de procedencias y subespecies de *Acacia saligna*, uno de ellos establecido el año 2014 en la zona de transición entre la costa y el secano costero de la región del Maule (Chanco); y otro en el año 2015, en el secano interior de la misma región (Cauquenes). La principal relevancia de estos ensayos es que serían los primeros que consideran a las 4 subespecies tradicionalmente definidas para *A. saligna*, por cuanto según McDonald *et al.* (2007), las plantaciones existentes en Chile (región de Coquimbo, donde se concentran sus existencias) corresponderían principalmente a la subespecie *pruinescens*, con alguna participación de *lindleyi* en algunos antiguos ensayos de INFOR (Tongoy), en tanto que las subespecies *saligna* y *stolonifera* no estarían representadas en las plantaciones existentes.

El objetivo de este artículo es evaluar la supervivencia y el crecimiento de dichos ensayos, en el entendido que la variación en supervivencia y crecimiento constituye la información básica para posteriormente determinar el material más adecuado para fines forrajero y alimentario, que permita generar una alternativa de cultivo forestal de interés para la Región del Maule.

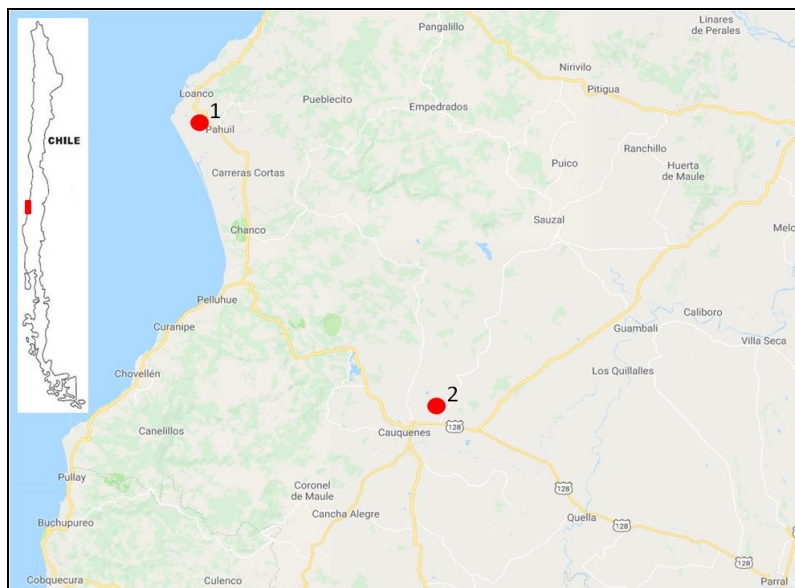
MATERIAL Y MÉTODO

Ensayos y Material Genético

Se evalúan dos ensayos de procedencias y subespecies de *Acacia saligna*.

- **Ensayo Chanco:** Corresponde a una prueba de procedencias de *A. saligna* instalada el año 2014 en el predio "El Manzano", de propiedad de un particular en la zona de transición entre el litoral y el secano interior de la comuna de Chanco, provincia de Cauquenes en la región del Maule (Figura N° 1; Cuadro N° 1). El ensayo se compone de cuatros bloques completos al azar, donde se prueban 11 procedencias australianas de la especie, más un testigo compuesto por una raza local de la misma especie (Cuadro N° 2; Figura N° 2). En cada bloque las procedencias son representadas por parcelas cuadradas de 16 plantas (12 parcelas por bloque), alcanzando un número de 192 plantas por bloque y 768 plantas por el ensayo en su totalidad, con un marco de plantación de 3x4 metros.

- **Ensayo Cauquenes:** Corresponde a una prueba de procedencias de *Acacia saligna* instalada el año 2015 en terrenos de la Estación Experimental Cauquenes de INIA, en el secano interior de la comuna de Cauquenes, en la provincia del mismo nombre en la región del Maule (Figura N° 1; Cuadro N° 1). El ensayo se compone de dos conglomerados de seis bloques cada uno, donde se prueban 11 procedencias australianas de *A. saligna*, más un lote adicional de procedencias mezcladas sin identificar (Cuadro N° 2; Figura N° 2). Adicionalmente se prueba el origen de las plantas, diferenciándose plantas originadas de semilla y plantas obtenidas por vía vegetativa mediante enraizamiento de estacas. En cada bloque, de ambos conglomerados, las procedencias son representadas por parcelas lineales de 5 plantas (15 parcelas en cada bloque del conglomerado 1; y 10 parcelas en cada uno de los bloques del conglomerado 2). En total el ensayo alcanza a 750 plantas (450 en conglomerado 1 y 350 en conglomerado 2), establecidas a un espaciamiento de 3x3 metros y rodeado por una hilera de aislación perimetral.



1. ENSAYO CHANCO (18H 718060,87 E; 6057469,32 S); 2. ENSAYO CAUQUENES (18H 746025,18 E; 6018992,46 S)

Figura N°1
ENSAYOS DE PROCEDENCIAS DE *Acacia saligna*

Cuadro N° 1
CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICAS DE ZONAS DE EMPLAZAMIENTO DE LOS ENSAYOS

Característica	Ensayo Chanco	Ensayo Cauquenes
Ubicación	Litoral-Secano interior	Secano interior
N° de zona en estudio (MMA, 2016)	418-419	416
T° media estival (Dic-Feb)	16,5°C	18,2°C
T° media invernal (Jun-Ago)	9,5°C	9,5°C
T° máx. media del mes más cálido (Ene)	23,3°C	26,3°C
T° min media del mes más frío (Jul)	6,0°C	6,3°C
Precipitación anual normal	845 mm	994 mm

(Fuente: MMA, 2016)

Cuadro N° 2
MATERIAL GENÉTICO CONSIDERADO EN LOS ENSAYOS DE *Acacia saligna* DE CHANCO Y CAUQUENES

Código	Procedencias		Subespecie (tipo)	Lat. S	Long. E
	Nombre				
1	Arrowsmith		<i>lindleyi</i> (typical)	29°36"	115°07'
2	Bambun Rd		<i>saligna</i> (cyanophylla)	31°25'	115°53'
3	Flynn Drive		<i>saligna</i> (cyanophylla)	31°41'	115°45'
4	Atwood Rd		<i>stolonifera</i> (forest)	33°32'	115°56'
5-6	Palmer Block		<i>pruinescens</i> (blue, o tweed river)	33°15'	116°11'
7	Mingenew		<i>lindleyi</i> (typical)	29°17'	115°31'
8	Muntagin		<i>lindleyi</i> (typical)	31°45'	118°34'
9	Lake Cooloongup		<i>saligna</i> (cyanophylla)	32°17'	115°47'
10	Parkeyeering		<i>lindleyi</i> (typical)	33°20'	117°21'
11	Murchinson River		<i>lindleyi</i> (typical)	27°49'	114°40'
12	Chilean Land Race		Testigo ensayo Chanco		
NN	Mezcla de Procedencias		Testigo Ensayo Cauquenes		

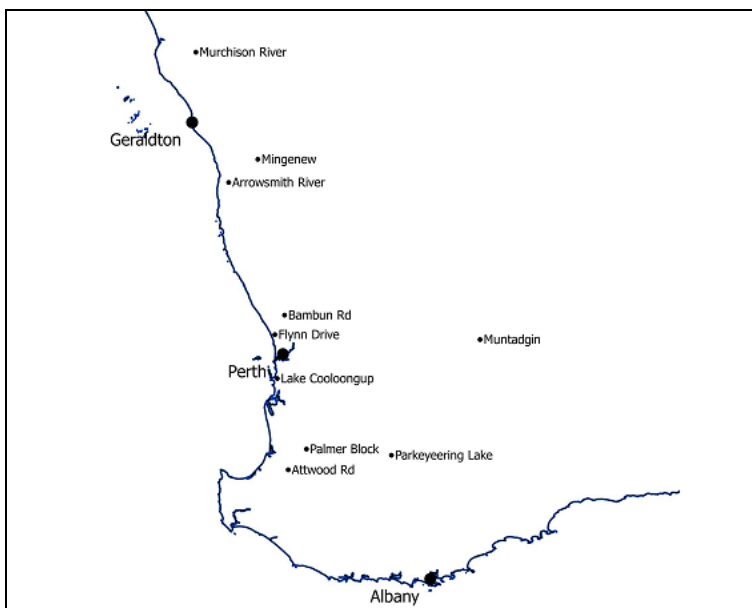


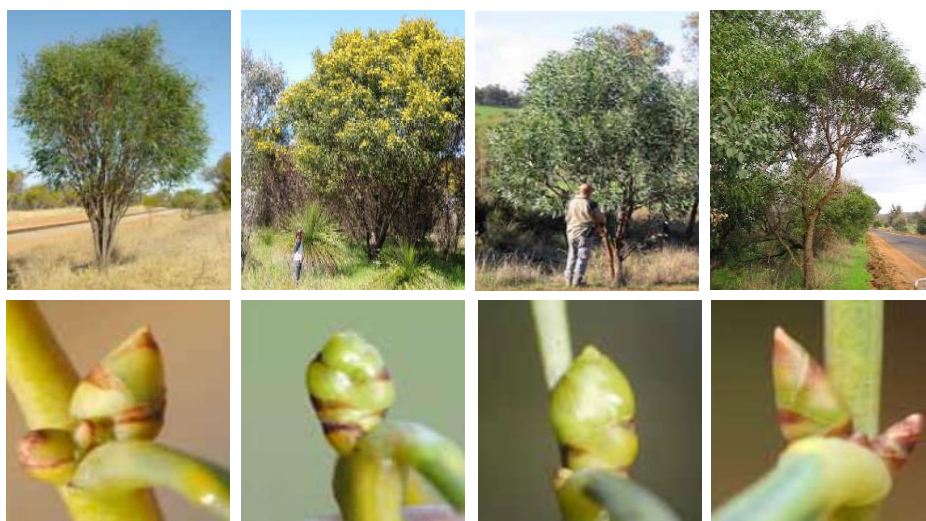
Figura N° 2
DISTRIBUCIÓN DE LAS PROCEDENCIAS DE *Acacia saligna* EN SUROESTE AUSTRALIANO ENSAYADAS EN LA REGIÓN DEL MAULE

Una síntesis de las características climáticas de las procedencias ensayadas se presenta en el Cuadro N° 3. Aspectos de la morfología de las subespecies se presentan en la Figura N° 3

Cuadro N° 3
CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE PROCEDENCIAS Y SUBESPECIES DE *Acacia saligna*

Subespecie	Procedencias	Rango Altitudinal	T° Media máx. mes más cálido	T° Media mín. mes más frío	Precipitación Anual
<i>lindleyi</i> (Typical)	1.Arrowsmith 7.Mingenew 8.Muntagin 10.Parkeyeering 11.Murchinson River	100-350 msnm	28-39°C	5-9°C	250-600 mm
<i>saligna</i> (Cyanophylla)	2.Bambun Rd 3.Flynn Drive 9.Lake Coolengup	0-90 msnm	28-33°C	8-10°C	750-900 mm
<i>pruinescens</i> (Tweed River o Blue)	5-6.Palmer Block	150-300 msnm	30-31°C	4-6°C	800-1.000 mm
<i>stolonifera</i> (forest)	4.Atwood Rd	5-300 msnm	27-30°C	6-8°C	900-1.000 mm

(Fuente: <http://worldwidewattle.com>)



(Fuente: Adaptado de <http://worldwidewattle.com> y Maslin *et al.*, 2011)

FIGURA N° 3
HÁBITO DEL ÁRBOL Y ASPECTO DE LAS YEMAS DE INFLORESCIENCIAS DE LAS SUBESPECIES DE *Acacia saligna* (de izquierda a derecha: *lindleyi*, *saligna*, *pruinescens* y *stolonifera*)

Medición y Evaluación

Los ensayos de Chanco y Cauquenes fueron medidos a comienzos de mayo de 2018, ocasión en que tenían 4 y 3 años, respectivamente (Figura N° 4). Haciendo uso de los respectivos croquis se definió una ruta de medición para cada ensayo, la cual fue empleada para construir los formularios de levantamiento de datos. Se definió las variables a medir, que fueron representadas en los formularios correspondientes y fueron las siguientes:

- Altura total: Medida con vara telescópica (m).
- Número de vástagos desde el cuello (cantidad).
- Diámetro de cada vástago: Medido a la altura del cuello con piedemetro (mm).
- Diámetro de copa: Medido en dos direcciones perpendiculares entre sí (N-S y E-W) (m).
- Madurez reproductiva: Evaluación visual de presencia de órganos reproductivos (1= presentes; 0= ausentes)
- Un campo para observaciones complementarias.



Figura N° 4
MEDICIÓN DE ALTURA EN INDIVIDUOS DE *Acacia saligna* DE ENSAYO CHANCO

Los datos registrados en los formularios de terreno fueron digitados en planillas Excel, conformando las bases de datos con las mediciones de cada ensayo. Mediante histogramas y gráficos de dispersión se validaron los datos verificando la ausencia de errores evidentes de digitación y datos anómalos o fuera de rango.

Posteriormente, con los datos de terreno validados y depurados, se procedió a construir las variables sobre las cuales conducir el análisis y las comparaciones. Para estos efectos se determinó para cada árbol:

DAC equivalente: Correspondiente al diámetro de cuello que genera una superficie equivalente a la suma de las superficies generadas por los diámetros de cuello de cada uno de sus vástagos, expresado en el diámetro de esta superficie (cm).

Estimador general de biomas D²H: Correspondiente al cuadrado del DAC equivalente ponderado por la altura (dm³).

Área de copa: Correspondiente a la superficie de proyección circular de copa obtenida a partir de los valores de diámetro de copa registrados en terreno (m²).

Esta información se incorporó a la base de datos junto con la información de las subespecies correspondientes a cada procedencia

Se estimó la supervivencia promedio por procedencia y subespecie. Se efectuaron análisis de varianza ($p = 0,05$) y comparaciones múltiples de medias (Scott y Knott) entre procedencias y subespecies para la altura, DAC, D²H y Área de Copa. Los resultados se tabularon y graficaron para efectos de comparación entre procedencias, subespecies y ensayos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la medición se observó que el ensayo de Cauquenes presenta una muy baja supervivencia (48%), la que en el conglomerado 1, que constituye el ensayo propiamente tal, apenas alcanza a un 28,7%, observándose también alta incidencia de daño por frío, con plantas de escaso crecimiento y que frecuentemente constituyen rebrotes de plantas severamente dañadas.

La incidencia del daño y mortalidad se relaciona directamente con el relieve del ensayo, concentrándose en las hileras que ocupan las zonas más bajas del conglomerado 1, donde existen numerosas hileras completas de plantas muertas o con pequeños rebrotes emitidos como respuesta al daño sufrido por la planta original.

Debido a estas situaciones que alteran el comportamiento del ensayo, no se consideró hacer una evaluación detallada del mismo, pues sus resultados están severamente alterados por factores ajenos al que se pretende evaluar y que enmascaran o confunden el efecto de las procedencias y subespecies sobre el crecimiento y supervivencia, que es el objetivo de esta evaluación.

Consecuentemente, para el ensayo Cauquenes solo se estimaron parámetros de estadística descriptiva en forma conjunta para los conglomerados 1 y 2, los que se utilizaron como referencia para discutir y analizar en detalle los resultados del ensayo de Chanco, el que sí presenta supervivencia y crecimiento de mayor interés y menores alteraciones (Cuadro N° 4).

Cuadro N° 4
COMPARACIÓN DE VALORES TOTALES POR ENSAYO

Ensayo	n	Superv (%)	Altura		DAC	
			Prom (D.E.) (m)	IMA (m/año)	Prom (D.E.) (cm)	IMA (cm/año)
Cauquenes (3 años)	129/450	28,7	1,76 (0,74)	0,59	3,98 (1,78)	1,33
Chanco (4 años)	657/768	85,5	2,48 (0,75)	0,62	7,92 (2,57)	1,98

En términos de incrementos medios anuales los dos ensayos presentan valores similares, en ambos casos los incrementos medios anuales de altura se enmarcan en el intervalo de 0,3 a 0,7 m/año que menciona Rojas (2011) para plantaciones de *A. saligna* irrigadas en la zona norte de Chile (Región de Coquimbo). Sin embargo, las alturas observadas en los ensayos resultan muy inferiores a los 8 m que según el mismo autor alcanzaría esta especie a los 4 a 5 años de edad en sitios con pocas limitaciones para el crecimiento de las plantas.

Otra referencia para comparar los crecimientos observados en los ensayos de la región del Maule la constituye el estudio de Mora y Meneses (2003), quienes determinaron valores de

DAC de 1,06 a 2,18 cm para plantas de *Acacia saligna* de 16 meses de edad, en un ensayo de irrigación establecido en la Región de Coquimbo. En la misma situación determinaron valores de altura de 0,6 a 1,55 m, siendo en ambos casos los valores más bajos los correspondientes al testigo sin riego y los más altos al de plantas que recibieron 8 L de agua por mes.

Supervivencia y Madurez Reproductiva

El ensayo de Chanco exhibe una supervivencia promedio de 85,5% y un 9,1% de sus individuos exhibe evidencias de haber alcanzado la fase de madurez reproductiva. A nivel de procedencias los resultados se resumen en el Cuadro N° 5, donde se observa que Bambun Rd., Palmer Block y Flynn Drive logran los mayores niveles de supervivencia, mientras que Atwood River se destaca por presentar el mayor porcentaje de individuos en fase reproductiva (43,6%), seguido por Palmer Block con 22,8%.

A nivel de subespecies, el Cuadro N° 6 indica que la mejor (94,0%) y peor (81,9%) supervivencia corresponden a las subespecies *pruinescens* y *lindleyi*, respectivamente. Esta última es la que presenta menor proporción de individuos en fase reproductiva, mientras que la mayor cantidad de árboles en fase reproductiva se presenta en la subespecie *stolonifera*.

Cuadro N° 5
SUPERVIVENCIA Y MADUREZ REPRODUCTIVA POR PROCEDENCIA EN ENSAYO CHANCO

Procedencia		Subespecie (tipo)	n	Supervivencia (%)	Madurez Reproductiva (%)
Código	Nombre				
2	Bambun Rd	<i>saligna</i> (cyanophylla)	62	96,9	6,5
5-6	Palmer Block	<i>pruinescens</i> (blue)	79	94,0	22,8
3	Flynn Drive	<i>saligna</i> (cyanophylla)	15	93,8	6,7
7	Mingeneu	<i>lindleyi</i> (typical)	96	93,3	3,1
4	Atwood Rd	<i>stolonifera</i> (forest)	39	90,9	43,6
12	Chilean Landrace		57	89,1	19,3
10	Parkeyeering	<i>lindleyi</i> (typical)	90	88,5	0,0
1	Arrowsmith	<i>lindleyi</i> (typical)	85	82,7	2,4
8	Muntagin	<i>lindleyi</i> (typical)	50	79,7	2,0
9	Lake Coolengup	<i>saligna</i> (cyanophylla)	9	68,8	11,1
11	Murchinson River	<i>lindleyi</i> (typical)	63	64,4	1,6
Total Ensayo			645	85,5	9,1

Cuadro N° 6
SUPERVIVENCIA Y MADUREZ REPRODUCTIVA POR SUBESPECIE EN ENSAYO CHANCO

Subespecie	n	Supervivencia (%)	Madurez Reproductiva (%)
<i>pruinescens</i> (blue)	79	94,0	22,8
<i>saligna</i> (cyanophylla)	86	91,7	7
<i>stolonifera</i> (forest)	39	90,9	43,6
<i>Chilean landrace</i>	57	89,1	19,3
<i>lindleyi</i> (typical)	384	81,9	1,8
Total ensayo	645	85,5	9,1

VARIABLES DE CRECIMIENTO

Existen diferencias estadísticamente significativas de crecimiento entre procedencias. El mismo fenómeno fue descrito por Mora y Meneses (2004) para dos ensayos de procedencias de *Acacia saligna* evaluado a los 15 meses de edad en la Región de Coquimbo.

En el ensayo de Chanco las procedencias Palmer Block, Bambun Rd. y Lake Coolengup consistentemente conforman un grupo que alcanza el mayor desarrollo en altura, diámetro de cuello, D²H y superficie de copa (Cuadro N° 7), las dos primeras son las mismas que logran la mayor supervivencia, mientras que la tercera resulta ser la de peor supervivencia entre las procedencias ensayadas, situación que hace menos interesante su destacado crecimiento.

En términos comparativos el crecimiento en altura a los cuatro años registrado en Chanco, con valores medios por procedencia de entre 2,5 y 2,9 m, no parece considerablemente superior al obtenido por la misma especie en las condiciones más adversas de la Región de Coquimbo, donde a los 15 meses de edad alcanzó valores medios por procedencia de entre 0,6 y 1,6 m (Mora y Meneses, 2004).

Por el contrario, en términos de diámetro de cuello los valores medios por procedencia, de 6,3 a 9,5 cm a los cuatro años en Chanco, parecen superiores a los observados en Coquimbo a los 15 meses de 1,3 a 2,1 cm.

Cabe destacar que los resultados obtenidos por las mejores procedencias de los ensayos de Coquimbo son particularmente sobresalientes y de la misma magnitud que los logrados por plantas regadas con 8 L de agua por mes, a los 15 meses de edad; análogamente las peores procedencias obtienen resultados similares a los de plantas sin regar establecidas en Coquimbo (Cuadro N° 8)

Cuadro N° 7
VARIABLES DE CRECIMIENTO POR PROCEDENCIAS EN ENSAYO CHANCO

Procedencia		Subespecie (tipo)	n	Altura (m)	DAC (cm)	D ² H (dm ³)	SUP COPA (m ²)
Código	Nombre						
5-6	Palmer Block	<i>pruinescens</i> (blue)	79	2,89 a	9,51 a	30,21 a	7,18 a
2	Bambun Rd	<i>saligna</i> (cyanophylla)	62	2,97 a	9,61 a	30,10 a	7,41 a
9	Lake Coolengup	<i>saligna</i> (cyanophylla)	9	2,99 a	9,19 a	28,82 a	10,04 a
8	Muntagin	<i>lindleyi</i> (typical)	50	2,75 a	8,08 c	21,52 b	6,33 b
3	Flynn Drive	<i>saligna</i> (cyanophylla)	15	2,65 a	8,63 b	21,23 b	6,77 b
12	Chilean landrace		57	2,36 b	8,47 b	20,24 b	6,25 b
4	Atwood Rd	<i>stolonifera</i> (forest)	39	2,26 c	7,89 c	17,75 b	4,96 c
1	Arrowsmith	<i>lindleyi</i> (typical)	85	2,28 c	7,50 c	16,30 c	7,03 a
11	Murchinson River	<i>lindleyi</i> (typical)	63	2,15 c	7,18 c	14,32 c	7,81 a
7	Mingenew	<i>lindleyi</i> (typical)	96	2,07 c	7,13 c	13,90 c	6,10 b
10	Parkeyeering	<i>lindleyi</i> (typical)	90	2,53 b	6,29 d	12,32 c	3,27 d
Total ensayo			645	2,48	7,92	19,45	6,32

Cuadro N° 8
COMPARACIÓN DE CRECIMIENTOS EN ALTURA Y DAC DE *Acacia saligna*
EN ENSAYO CHANCO CON ENSAYOS DE REFERENCIA

Ensayo	Edad	Altura (m)	DAC (cm)
Chanco (Maule) (mejor y peor procedencia)	4 años	2,5-2,9	6,3-9,5
Cauquenes (Maule) (mejor y peor procedencia)	3 años	1,3-2,5	2,6-5,9
El Tangué (Coquimbo) (mejor y peor procedencia)	15 meses	0,6-1,1	1,5-2,1
Cuz Cuz (Coquimbo) (mejor y peor procedencia)	15 meses	0,7-1,6	1,3-2,4
Higueritas Unidas (Coquimbo) (testigo sin riego y mejor tratamiento de 8 L de agua/mes)	16 meses	0,6-1,6	1,1-2,2

A nivel de subespecies, se observa una situación similar a la registrada con la supervivencia, siendo *pruinescens* la subespecie de mejor desempeño en todas las variables de crecimiento, sin diferenciarse significativamente de *saligna*. Por su parte *lindleyi* además de exhibir la supervivencia más baja, también exhibe los menores valores de crecimiento (Cuadro N° 9).

Cuadro N° 9
VARIABLES DE CRECIMIENTO POR SUBESPECIE EN ENSAYO CHANCO

Subespecie	n	Altura (m)	DAC (cm)	D ² H (dm ³)	SUP COPA (m ²)
<i>pruinescens</i> (blue)	79	2,90 a	9,51 a	30,21 a	7,19 a
<i>saligna</i> (cyanophylla)	86	2,92 a	9,39 a	28,41 a	7,56 a
Chilean landrace	57	2,36 b	8,47 b	20,25 b	6,27 b
<i>stolonifera</i> (forest)	39	2,26 b	7,89 c	17,75 b	5,01 b
<i>lindleyi</i> (typical)	384	2,33 b	7,15 c	15,14 c	5,96 b
Total ensayo	645	2,48	7,92	19,45	6,32

Las diferencias de desempeño en crecimiento y otras variables que se observan tanto a nivel de procedencias como de subespecies, obedecen en gran medida a que *Acacia saligna* exhibe una gran variación en atributos morfológicos, ecológicos y biológicos a lo largo de su distribución natural.

En efecto, la variación es tal, que más que una especie, a *Acacia saligna* se le considera un complejo taxonómico aún no resuelto (George *et al.*, 2006; 2007; Millar *et al.*, 2011), en el que informalmente se reconocen cuatro subespecies o variantes morfológicas con distintas áreas de distribución⁹.

Estas cuatro entidades son morfológicamente distintas y además presentan un alto grado de divergencia genética que permite conformar tres grupos claramente diferenciados (*lindleyi*, *stolonifera* y *saligna-pruinescens*) (Millar *et al.*, 2008; 2011), situación que explica las diferencias observadas en el ensayo evaluado.

Respecto del mejor desempeño detectado de las subespecies *pruinescens* y *saligna*, estas parecen conformar un grupo genético poco diferenciado entre si y diferente al de las otras subespecies.

⁹ Una quinta subespecie, *osullivaniana*, ha sido definida en una distribución bien acotada en el norte de Perth, Australia (Millar *et al.*, 2008). McDonald *et al.* (2007) se refiere a esta quinta subespecie como "cantabilling"

En efecto, George *et al.* (2006) no pudo diferenciar genéticamente a *pruinescens* de *saligna* usando marcadores genéticos RFLP, de modo que solo pudo conformar tres grupos distintos: *lindleyi*, *stolonifera* y la combinación *saligna-pruinescens*.

Por su parte, Millar *et al.* (2008) indican que ambas subespecies muestran un grado de afinidad genética que también dificulta diferenciarlas con marcadores de microsatélites, no obstante ambas subespecies tienen claras diferencias morfológicas en campo, poseen un área de distribución que no se traslapa y no existe evidencia de hibridación entre sus poblaciones naturales.

Coincidiendo con el mejor crecimiento dasométrico exhibido por las subespecies *pruinescens* y *saligna* en el ensayo Chanco, George *et al.* (2007) observan que estas mismas entidades forman un grupo indistinto y que se diferencia significativamente respecto a las otras subespecies en lo que se refiere a valor forrajero, exhibiendo los mayores niveles de digestibilidad de materia seca, contenido de proteína cruda y contenido de fósforo.

La calidad forrajera varía sustancialmente entre subespecies evidenciando en alguna medida el origen genético de esta variación, así, en la medida en que esta resulte adecuadamente heredable podría ser aumentada mediante mejoramiento genético, permitiendo obtener material de las subespecies *pruinescens* y *saligna* que ofrezcan simultáneamente el mejor crecimiento dasométrico, la mayor supervivencia y la mayor calidad forrajera.

Esta perspectiva resulta particularmente interesante, por cuanto abre la posibilidad de explorar y aprovechar la variabilidad genética de la subespecie *saligna*, la cual según McDonald *et al.* (2007) no habría estado presente en Chile antes del establecimiento de los ensayos que se evalúan en este artículo.

Interacción con el Sitio

Cuando la respuesta relativa de las procedencias, u otras entidades genéticas, difiere al crecer en distintos sitios, se está en presencia de interacción genotipo ambiente.

Los gráficos de la Figura N° 5 permiten contrastar la respuesta en supervivencia y crecimiento exhibido por las procedencias y sub-especies de *Acacia saligna* en dos condiciones de sitio diferentes, Chanco y Cauquenes, observándose evidencias claras de la existencia de este efecto, el que queda de manifiesto en el hecho de que las mejores procedencias y subespecies no son las mismas en ambos sitios.

La evidencia de interacción genotipo ambiente es coincidente con lo indicado por Mora *et al.* (2010), quienes en una evaluación cuantitativa específica efectuada a los cinco años de edad en dos ensayos de progenie-procedencia de *A. saligna* establecidos en el norte chico, concluyen la existencia de una significativa interacción para las características de supervivencia, diámetro de copa y altura.

Por el contrario, en lo que se refiere a variables que definen la calidad forrajera de *A. saligna*, George *et al.* (2007) indican que estas generalmente exhiben una baja interacción genotipo ambiente.

En términos prácticos la incidencia de la interacción genotipo ambiente determina que, para efectos de mejorar crecimiento, se deberá seleccionar material genético específico para cada sitio, por cuanto las mejores procedencias y subespecies identificadas en Chanco no necesariamente serán las más apropiadas para cultivarlas en otros sectores con condiciones de sitio diferentes.

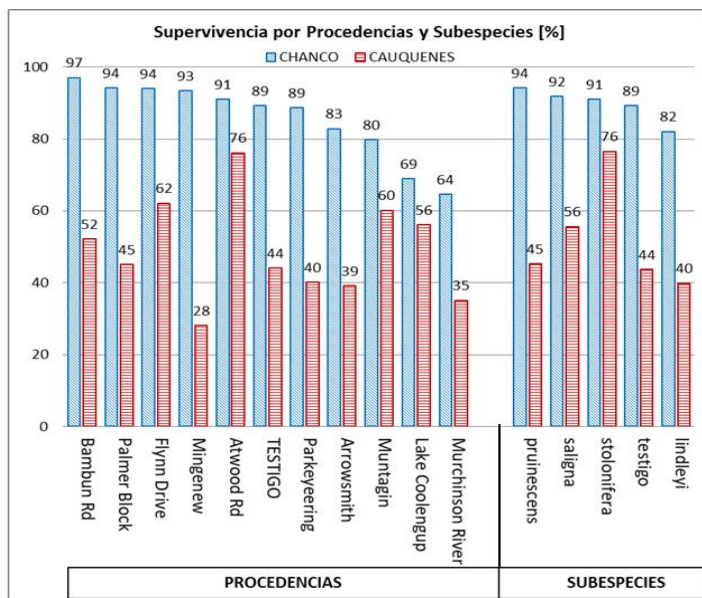
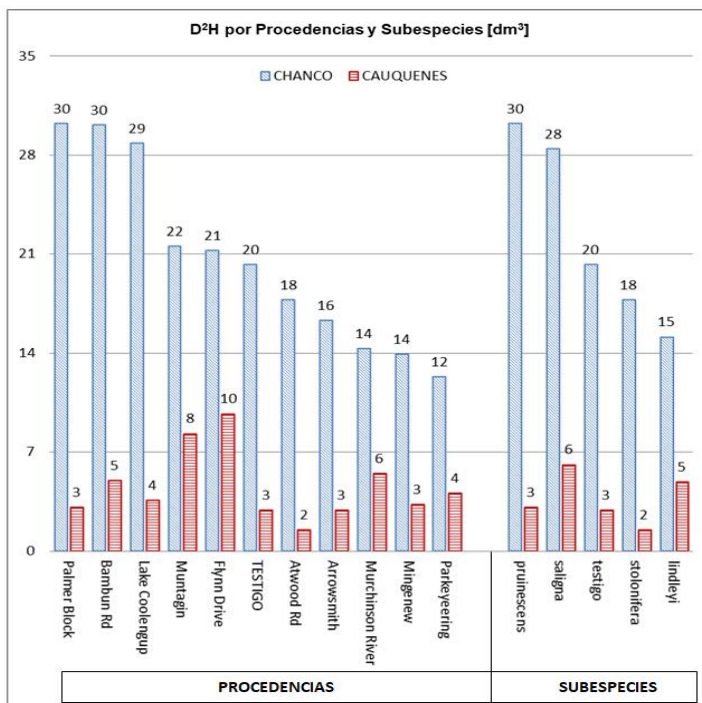


Figura N° 5
COMPARACIÓN DE CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE PROCEDENCIAS Y
SUBESPECIES DE *Acacia saligna* EN DOS SITIOS DISTINTOS (CHANCO Y CAUQUENES)

CONCLUSIONES

Acacia saligna es un complejo taxonómico de subespecies y tipos geográficos que exhibe una gran variabilidad, la que se refleja en los atributos de crecimiento analizados en este documento y también en diversos otros caracteres señalados en la bibliografía. Esta gran variabilidad explica la expansión de su cultivo como recurso multipropósito en zonas semiáridas de distintas partes del mundo, a la vez que constituye un aspecto básico para mejorar los atributos de interés mediante selección y mejora genética tradicional.

Para condiciones de sitio equivalentes a las del lugar de emplazamiento del ensayo analizado (Chanco, secano costero del Maule), las procedencias de Palmer Block y Bambun Rd. resultan ser las que exhiben el mejor crecimiento y supervivencia. A nivel de subespecies, en las mismas condiciones, *pruinescens* y *saligna* se diferencian favorablemente en esos mismos atributos respecto de las subespecies restantes.

Existe evidencia de interacción genotipo-ambiente, que sugiere que en sitios distintos a Chanco el material más apropiado sería diferente al identificado en este sector. Datos referenciales de un ensayo en Cauquenes indican que las mejores procedencias, en cuanto a supervivencia y crecimiento, en el secano interior del Maule serían Flynn Drive y Muntagin. En estas mismas condiciones, las subespecies de mayor supervivencia serían *stolonífera* y *saligna*, mientras que la de mejor crecimiento sería la subespecie *saligna*.

La variabilidad exhibida por la especie es una condición favorable para efectuar su mejoramiento genético, particularmente el promisorio desempeño exhibido por la subespecie *saligna* en ambos sitios y por *stolonífera* en el secano interior resultan de especial interés, por cuanto ellas no habrían sido probadas anteriormente en el país, en cuyas plantaciones ha predominado fundamentalmente solo la subespecie *pruinescens*.

El análisis efectuado en este documento contribuye a identificar el material idóneo para el cultivo de *Acacia saligna* en el Maule, sugiriéndose confirmarlo con una nueva evaluación a mayor edad de los ensayos y complementarlo con análisis de productividad y calidad forrajera, así como también con una evaluación de productividad de semillas, las cuales tendrían importantes aplicaciones potenciales como alimentos funcionales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal de INFOR, Sres. Arnoldo Villarroel, Mauricio Navarrete y Jorge Acevedo por su activa participación en el establecimiento y mantención de los ensayos objetos de esta evaluación; del mismo modo, al Sr. Alejandro Lucero, investigador de INFOR, por el suministro de los planos originales y coordinación de apoyo logístico para la faena de medición de los ensayos evaluados en este artículo.

REFERENCIAS

Cerda, J., 2007. Reseña y futuro del sector forestal en la Región de Coquimbo. Ciencia e Investigación Forestal. Número Extraordinario 13:47-58.

George, N.; Henry, D.; Yan, G. and Byrne, M., 2007. Variability in feed quality between populations of *Acacia saligna* (Labill) H. Wendl. (*Mimosoideae*)-Implications for domestication. Animal Feed Science and technology 136(2007): 109-127.

George, N.; Byrne, M.; Maslin, B. and Yan, G., 2006. Genetic differentiation among morphological variants of *Acacia saligna* (*Mimosaceae*). Tree Genetics and Genomes (2006 2): 109-119

Maslin, B.; O'Sullivan, W. and McDonald, M., 2011. Understanding *Acacia saligna*. En: Francis, R. (Ed). Proceedings of the Wattle We Eat for Dinner. Workshop on Australian for Food security. Alice Spring, Australia, 16-18 August 2011. Pp: 21-29.

McDonald, M.; Mazanec, R.; Bartle, J. and Maslin, B., 2007. Improved prospect for the domestication of *Acacia*

saligna in region of Coquimbo, Chile. Ciencia e Investigación Forestal, Vol 13, número extraordinario noviembre 2007, Pp: 91-101.

Millar, M.; Byrne, M.; Nuberg, I. and Sedgley, M., 2008. A rapid PCR based diagnostic test for the identification of subspecies of *Acacia saligna*. Tree Genetics and Genomes 4(4):625-635.

Millar, M.; Byrne, M.; O'Sullivan, W., 2011. Defining entities in the *Acacia saligna* (*Fabaceae*) species complex using a population genetics approach. Australian Journal of Botany (2011) 59:137-148.

MMA, 2016. Elaboración de una base digital del clima comunal de Chile: Línea base (1980-2010) y proyección al año 2050. Ministerio de Medio Ambiente, Chile. Información para de Desarrollo Productivo Ltda. Informe Final. Santiago 16 de Junio de 2016. 142 p.

Mora, F.; Perret, S.; Scapim, C. and Arnhold, E., 2010. Genetic parameters of growth and survival in *Acacia saligna* shrubs. Cien. Inv. Agr. 37(2):5-14.

Mora, F. y Meneses, R., 2004. Comportamiento de procedencias de *Acacia saligna* (Labill.) H.L. Wendl. en la Región de Coquimbo, Chile. Ciencia Florestal 14(1):103-109.

Mora, F. y Meneses, R., 2003. Efecto del riego sobre el crecimiento y producción forrajera de *Acacia saligna* (Labill) H. Wendl. en la zona árida de Chile. Nota Técnica. Lavras 9(2):255-260.

Perret, S. y Mora, F., 1999. *Acacia saligna*: Su impacto en el Norte Chico. Revista Chile Forestal, v.274, p.34-36.

Rojas, P.; Jiménez, P. y Quitral, V., 2014. *Acacia saligna* en Chile: semillas con potencial alimentario funcional. Ciencia e Investigación Forestal 20(1):69-75.

Rojas, P., 2011. Results of *Acacia saligna* growing in Chile and explorations of new foods products. En: Francis, R. (Ed). Proceedings of the Wattle We Eat for Dinner. Workshop on Australian for Food Security. Alice Spring, Australia, 16-18 August 2011. Pp: 87-97.

REGENERACIÓN DE PLANTAS *IN VITRO* DE *Peumus boldus* Mol. (BOLDO) MEDIANTE ORGANOGÉNESIS DE BROTES EPICÓRMICOS DE ÁRBOLES MADUROS

Koch, L¹⁰.; González, J¹⁰.; Benedetti, S¹¹. y Molina, M. P¹⁰

RESUMEN

El Instituto Forestal de Chile (INFOR), a través de diferentes líneas de trabajo, ha desarrollado investigaciones que han incluido la especie boldo (*Peumus boldus* Mol.), respecto de su silvicultura y manejo, principios activos contenidos en sus hojas y procesos de obtención de productos químicos.

Boldo es una especie nativa y endémica de Chile representativa del bosque esclerófilo, presente en formaciones naturales de amplia distribución en la zona central y sur del país. Su valor radica principalmente en sus componentes activos, entre los que se destaca una serie de alcaloides, siendo la boldina el componente más conocido.

Mediante micropropagación por vía organogénica se pretende desarrollar un protocolo de regeneración *in vitro* de árboles de *Peumus boldus* Mol seleccionados por su alto contenido de boldina, previo análisis químico. Se consideró como fuente de explantes brotes epicórmicos. Los resultados indican que es posible regenerar plantas completas mediante técnicas de micropropagación.

Palabras clave: Boldo, micropropagación, brotes epicórmicos.

ABSTRACT

The Chilean Forestry Institute (INFOR) has developed through different work lines research on Boldo (*Peumus boldus* Mol), regarding to its silviculture and management, the active principles contained in its leaves and also on processes to obtain these chemical products.

Boldo is a Chilean native and endemic species representative of the sclerophyll forest present as natural formations in a wide distribution in central and southern areas of the country. Its value is based mainly on its active components, including alkaloids, as boldine the best known one.

Organogenic micro propagation is applied in trying to develop an *in vitro* regeneration protocol for boldo's trees selected, through previous chemical analysis, for their high boldine content. Epicormic buds were considered as a source of explants. The results indicate that it is possible to regenerate whole plants by means of micropropagation techniques.

Keywords: Boldo, micropropagation, epicormics shoots

¹⁰ Investigadores, Instituto Forestal. Sede Bio Bio, Concepción. lkoch@infor.cl

¹¹ Investigadora. Unidad de Transferencia Tecnológica, Instituto Forestal. Santiago.

INTRODUCCIÓN

Boldo (*Peumus boldus* Mol) es una especie endémica de Chile, representativa de los bosques esclerófilos. Su distribución geográfica va desde la región de Coquimbo hasta la región de Los Lagos, con mayor presencia en las regiones centrales, Maule a Bio Bio. Su límite norte está ubicado en la bahía de Tongoy (30°20' LS) y el sur en el río Damas (41° 20' LS) (Montenegro, 2000; Espic, 2007).

Su valor radica principalmente en sus componentes activos, entre los que se destaca una serie de alcaloides, siendo la boldina el componente más conocido como protector hepático, por esta razón se ha visto un creciente interés por su follaje. El mercado está orientado a satisfacer las necesidades de la industria alimentaria y farmacéutica.

Existe poco rejuvenecimiento de la especie en poblaciones naturales, lo que puede estar afectado por factores ambientales adversos, tales como la exposición a prolongados periodos secos o al pastoreo y por la dificultad que presentan las semillas en la germinación, las que en general requieren un largo período para que puedan emerger como plántulas (San Martín y Doll, 1998; Voguel *et al.*, 2005).

Hartmann y Kester (1990) señalan que, en los casos de especies cuya germinación es escasa o que presentan largos periodos para este proceso, se prefiere una propagación asexual mediante estacas para conseguir individuos juveniles de importancia productiva. Boldo, presenta limitaciones en cuanto a su cultivo a través de propagación vegetativa y sexuada, como bajas tasa de enraizamiento de estacas. Jeldres (1998) evalúa en una primera instancia el comportamiento de esta especie a diferentes concentraciones de AIB con estacas provenientes de individuos jóvenes y adultos de formaciones naturales (7 a 13 cm de DAP y 2 a 5 m de altura), y dos épocas de colecta (invierno y primavera), obteniendo bajos porcentajes de supervivencia (no mayor a 20 %).

La organogénesis somática es una alternativa muy útil cuando no se obtienen buenos resultados mediante enraizamiento de estacas o se requiere aumentar la tasa de multiplicación, o bien en el caso de árboles adultos para revertir y mantener su juvenilidad fisiológica (McComb y Bennet, 1986). También es una técnica adecuada para la conservación en un estado juvenil de genotipos forestales, mediante la utilización de técnicas de crecimiento retardado.

Uno de los aspectos más difíciles de abordar en la organogénesis de árboles adultos es la introducción de material aséptico a condiciones *in vitro*. En general, la desinfección de brotes colectados directamente en terreno es difícil, debido a la gran cantidad de contaminación tanto exógena como endógena presente en este material (De Fossard *et al.*, 1977).

Según Le Roux y Van Staden (1991) es virtualmente imposible esterilizar este material sin dañar severamente el tejido de los explantes iniciales. La edad del material es un factor importante que condiciona el establecimiento de cultivos asépticos (Grewal *et al.*, 1980), idealmente este debiera tener muchas de las cualidades encontradas en brotes juveniles, por esta razón es común emplear técnicas de pre-tratamiento del material adulto, con el fin de obtener explantes iniciales adecuados para el cultivo *in vitro*.

Se han establecido cultivos asépticos de árboles adultos, a partir de rebrotes de tocón (Furze y Cresswell, 1985), brotes de injertos (Francllet y Boulay, 1982; Durand-Cresswell *et al.*, 1982; Goncalves, 1980), brotes epicórmicos (Oller *et al.* 2004, Ikemori, 1987), brotes de estacas enraizadas y brotes de ramas pretratadas, en especies caducifolias (Sabja *et al.*, 2005; Ortiz *et al.*, 2006).

El presente trabajo, desarrollado en el laboratorio de Micropropagación de INFOR, tiene por objetivo generar un protocolo efectivo de micropropagación de material adulto de boldo a través de inducción de brotes epicórmicos, con el fin de obtener plantas micropropagadas de individuos sobresalientes en base a variables fenotípicas y químicas de interés comercial, en biomasa aérea hojas, corteza y madera, para contar con material selecto superior.

METODOLOGÍA

Material Vegetal

El material vegetal se obtuvo de explantes provenientes de brotes epicórmicos de 3 árboles adultos localizados en las dependencias de INFOR, San Pedro de la Paz, Región del Bio Bio (Coordenadas - 36.8491 y -73.1327). A comienzos de la temporada de verano del año 2016, se colectaron trozos de ramas de estos árboles (Genotipos), los cuales fueron codificados como clon 1 (C1), clon 2(C2) y clon 3 (C3), los trozos de rama tenían 2 a 4 cm de diámetro y 30 a 35 cm de longitud aproximadamente. Estas muestras, fueron llevadas en cajas térmicas para evitar la deshidratación del material al Laboratorio de Micropropagación Forestal (LMF). Las muestras fueron lavadas con detergente líquido comercial (Quix®) para eliminar tejidos superficiales muertos o envejecidos, mediante la utilización de una escobilla pequeña, posteriormente las varetas fueron instaladas en frascos limpios con agua destilada y perlita previamente esterilizados en autoclave a 121 °C y 0,1 MPa de presión, durante 30 minutos, el extremo superior de la rama fue recubierto con un sellante comercial de poda, Podastik Plus®.

Posteriormente, los trozos de ramas fueron llevados a una sala acondicionada utilizando un humidificador para aumentar la humedad relativa (HR) y así estimular la formación de brotes epicórmicos. El material permaneció en una sala climatizada por aproximadamente 50 días, bajo condiciones controladas de temperatura $22 \pm 2^\circ \text{C}$, HR 70% - 80% y un fotoperíodo de 16/8 horas luz/oscuridad, respectivamente. Durante ese tiempo se evaluó la emergencia, el número y altura de brotes epicórmicos generados por los diferentes genotipos, estas variables fueron tomadas como datos cuantitativos y utilizadas para comparar los genotipos según la metodología presentada en la sección Análisis Estadístico.

Desinfección y Cultivo de Brotes

Para el establecimiento de los cultivos *in vitro* se seleccionaron brotes desarrollados con una longitud de entre 2 a 9 cm, con al menos 3 yemas de crecimiento y 2 pares de hojas expandidas (Figura 1), a los cuales se les realizó la desinfección superficial utilizando el siguiente protocolo, remojo en una solución de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 10%, durante 5 minutos, seguido de cuatro enjuagues (aclareos) de 10 minutos cada uno, con agua destilada estéril (ADE), posteriormente un remojo de 30 minutos en una solución antioxidante, compuesta por ácido cítrico y ácido ascórbico en concentraciones al 1:1 de 500 mg/L. Se evaluó la tasa de brotes contaminados (TBC), considerando contaminación fúngica y bacteriana, y tasa de brotes oxidados (TBO), para la cual se considera presente cuando el brote tiene una oxidación sobre el 50% de la superficie, estos parámetros fueron recogidos porcentualmente por cada genotipo.



Figura N° 1
BROTOS REJUVENECIDOS OBTENIDOS A TRAVÉS DE LA INDUCCIÓN DE BROTES EPICÓRMICOS EN TROZOS DE RAMAS DE ÁRBOLES ADULTOS

Medios y Cultivo del Material

Se utilizaron diferentes formulaciones (tratamientos) del medio MS (Murashige y Skoog, 1962) según las diferentes etapas de organogénesis; establecimiento, multiplicación, elongación y enraizamiento. Se utilizó un brote por frasco snap al cual se le adicionó entre 3 a 5 ml de medio de cultivo fresco según la etapa.

Para la etapa de establecimiento se cortó a cada brote una pequeña porción de la base y se colocó en el medio nutritivo Murashige y Skoog médium (MS) sin hormonas de crecimiento ni antioxidantes suplementarios, cada 20 días fueron repicados sin subdividir el tejido. Los brotes cultivados fueron mantenidos en cámara de crecimiento bajo condiciones controladas de temperatura a 22 ± 2 °C, y bajo una condición de fotoperíodo de 16/8 horas luz/oscuridad respectivamente.

Multiplicación de Brotes

Para la etapa de multiplicación, tal como se aprecia en el Cuadro N° 1, todos los medios nutritivos fueron preparados usando 0,07 % de agar bacteriológico y 0,2% de sacarosa, el pH fue ajustado en $5,7 \pm 0,05$ antes de su esterilización en autoclave a 121 °C y 0,1 MPa, durante 20 minutos.

El material sin contaminación u oxidación obtenido durante la etapa del establecimiento, fue traspasado con una alta frecuencia a medio fresco de multiplicación, con un período máximo de 28 días entre cada repique, esto con el fin de mitigar los intensos procesos de oxidación y necrosis observados en la especie (Koch *et al.*, 2016).

A medida que se establecieron los cultivos, eventualmente se adicionó al medio de cultivo polivinilpirrolidona (PVP) en concentraciones de 800mg/L y se reemplazó por el gelificante Gelrite ® a 0,025% con el fin de disminuir la oxidación de los tejidos.

En esta etapa, los explantes fueron cultivados en frascos de vidrio de 500 cc de capacidad, tapados con film de polietileno, los cultivos se mantuvieron en la sala de crecimiento del LMF, bajo condiciones controladas de temperatura 22 ± 2 °C de temperatura y fotoperíodo 16/8 horas de luz/oscuridad, respectivamente. Las variables número de brotes nuevos (NBN) y número de hojas nuevas (NHN), fueron utilizadas para comparar los diferentes tratamientos.

Cuadro N° 1
FORMULACIÓN QUÍMICA DE LOS 4 MEDIOS DE CULTIVO O TRATAMIENTOS
PARA LA ETAPA DE MULTIPLICACIÓN *IN VITRO*

Compuestos	Unidad	Control	T1	T2	T3
Sales Macronutrientes (MS)	-	Completo	Completo	Completo	Completo
BAP (6-Benzilamino-Purina)	Mg/L	0	0,25	0,5	0,75
ANA (Ácido 1-Naftalenacético)	Mg/L	0	0,01	0,01	0,01
Pantotenato de Calcio	Mg/L	0	1,0	1,0	1,0
Hidrolizado de Caseína	Mg/L	0	75	75	75
Sacarosa	%	0,2	0,2	0,2	0,2
Agar/Gelrite	%	0,07	0,07/0,025	0,07/0,025	0,07/0,025
PVP (Polivinilpirrolidona)	Mg/L	0	800	800	800

Enraizamiento de Brotes

El medio base utilizado en los ensayos de enraizamiento fue el medio nutritivo MS, con los macronutrientes reducidos a la mitad ($\frac{1}{2}$ MS), y nitratos reducidos a un cuarto ($\frac{1}{4}$ MS), complementado con 0,15 % de sacarosa y 0,07 % de agar. Se probaron tres tratamientos de enraizamiento, donde se evaluó la aptitud de enraizamiento de los brotes *in vitro* de boldo respecto a distintas dosis de la auxina ácido indol-3-butírico (IBA).

El material ensayado correspondió solamente al clon 3 (C3), ya que solo este mostró un desarrollo radicular, para ello se seleccionaron brotes elongados sanos, vigorosos, homogéneos, y que tuvieran un tamaño de al menos 4 cm, como los que se muestran en la Figura N° 2. Para los diferentes tratamientos se utilizaron medios de cultivos con concentraciones de IBA: de 0; 0,5; 1; 2 y 3 mg/L.

Se dispusieron diez repeticiones por cada uno de los tratamientos, el ensayo fue evaluado desde los 7 hasta los 60 días desde su inicio. Los explantes una vez cultivados permanecieron en oscuridad absoluta durante 7 días, luego fueron trasladados bajo condiciones controladas de temperatura 22 ± 2 °C y fotoperiodo de 16/8 horas luz/oscuridad, respectivamente. Se evaluó la capacidad de enraizamiento de los brotes como el número y longitud de raíces nuevas (NRN y LRN, respectivamente).

Cuadro N° 2
FORMULACIÓN QUÍMICA DE LOS 3 MEDIOS DE CULTIVO (TRATAMIENTOS)
PARA LA ETAPA DE ENRAIZAMIENTO *IN VITRO*

Compuestos	Unidad	Control	T1	T2	T3
Macronutrientes	-	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
Nitratos	-	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
IBA (Ácido Indol-3-butírico)	Mg/L	0	1	2	3
Sacarosa	%	0,15	0,15	0,15	0,15
Agar	%	0,07	0,07	0,07	0,07



Figura N° 2
CARACTERÍSTICA DE BROTES MODELO DE PLANTAS *IN VITRO*, UTILIZADOS EN LA ETAPA DE ENRAIZAMIENTO (a). BROTE *IN VITRO* CULTIVADO EN MEDIOS DE ENRAIZAMIENTO (b)

Aclimatación de Plantas

Las plantas *in vitro* enraizadas fueron trasplantadas bajo cámara de flujo laminar a envases plásticos herméticos que contenían una mezcla de sustrato compuesto por turba y perlita en una proporción de 2:1, respectivamente, previamente esterilizada en autoclave a 121 °C y 0.1 MPa, durante 30 minutos.

Esta etapa requiere precaución, ya que el cambio de medio puede producir estrés en las vitroplantas o bien pueden contaminarse los explantes perdiendo gran parte del material vegetal. El sustrato fue enriquecido mediante la adición de medio nutritivo líquido (sin gelificante) MS, reducido a la mitad (½ MS) y sin sacarosa, durante un período de 12 semanas. Durante este tiempo las plantas se fueron mantenidas bajo condiciones controladas de temperatura 22 ± 2 °C y fotoperíodo de 16/8 horas luz/oscuridad, respectivamente.

Análisis Estadísticos

Los datos fueron recogidos periódicamente como variables numéricas durante la evaluación (días) en las diferentes etapas de la micropropagación, se realizaron análisis de varianzas (ANOVA) para determinar las diferencias significativas entre los diferentes tratamientos de generación de brotes epicórmicos, multiplicación y enraizamiento, los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, fueron medidos mediante las pruebas de Shapiro-Wilk ($\alpha=0.05$) y Levene ($\alpha=0.05$), en algunos casos se transformaron las variables para ajustar normalidad.

Los mejores tratamientos fueron seleccionados mediante la prueba *post hoc*, Tukey HSD ($\alpha=0.05$). Todos los análisis y gráficos se realizaron con el software R-Project versión 3.5.1 (R Core Team, 2018).

RESULTADOS

Colecta del Material

El material vegetal utilizado fue colectado según los parámetros definidos en la metodología. En el Cuadro N° 3 se detalla para cada clon el resultado de la colecta de material.

Cuadro N° 3
ANTECEDENTES DE LAS MUESTRAS
PARA PRODUCCIÓN DE BROTES EPICÓRMICOS

ID	Clon	N	DP (cm)	TP (cm)
1	1	10	3,0	29,6
2	2	11	2,7	34,3
3	3	10	2,7	35,8

N: Numero de ramas DP: Diámetro promedio TP: Tamaño promedio

Generación de Brotes Epicórmicos

Usando las varetas colectadas previamente se indujo la generación de brotes epicórmicos, los cuales se desarrollan desde yemas meristemáticas, también denominadas yemas durmientes, las cuales se sitúan en posiciones axiles o bajo la corteza durante el crecimiento del árbol (Figura N° 3a).

Los brotes generados a partir de estas yemas presentan un crecimiento extremadamente rápido porque son fisiológicamente más jóvenes que los otros (Yara, 1987; Borges *et al.*, 2004) (Figura 3b). Los brotes siempre se desarrollan en la zona inferior de los nudos de las ramas (Figura N° 3c).

Una secuencia temporal de la emergencia de los brotes epicórmicos, a partir del material colectado desde los árboles de prueba, se muestra en la Figura N° 3. Como se aprecia, los brotes epicórmicos presentan una morfología que se asemeja a un estado juvenil de los tejidos en *P. boldus*, lo cual los hace especialmente adecuados para la micropropagación por poseer propiedades del estado juvenil del árbol.

La utilización de este tipo de material puede realzar la multiplicación y enraizamiento *in vitro*, de árboles adultos, tal como ha sido reportado tempranamente en especies forestales (Fink, 1983; Ikemori, 1987; Yara, 1987; Sánchez *et al.*, 1996).



PC: Puntos de crecimiento de los brotes (a).

Se observan fases aproximadamente de 15, 30 y 45 días posteriores a la inducción de brotación (b) y (c).

Figura N° 3 BROTOS EPICÓRMICOS GENERADOS DESDE TROZOS DE RAMAS DE ÁRBOLES

Se logró obtener brotes epicórmicos del material obtenido de los 3 árboles dentro del tiempo esperado (Figura N° 3c). La emergencia de los brotes, ocurrió alrededor de los 20-30 días.

El número de brotes generados depende de los puntos de crecimiento que tenga la vareta inicial, el desarrollo inicial de estos brotes siempre comienza en pequeños grupos de células del parénquima en la corteza o en los radios del floema dilatados, que se desdiferencian, transformándose en meristemáticos nuevamente mediante subdivisiones repetidas (Fink, 1983).

En el presente estudio de boldo, el clon que exhibió tempranamente la mayor producción de brotes correspondió al clon 1 (C1), mientras que, en los clones de menor desempeño, clones 2 (C2) y 3 (C3) la producción de brotes se produjo en lapsos mayores de tiempo, llegando a registrarse hasta 45 días (Figura N° 4).

En cuanto a la calidad de los brotes, se midió la altura de algunos brotes, encontrando una alta heterogeneidad en los diferentes genotipos, siendo nuevamente el C1 el que posee brotes de mayor tamaño ($F=7,84$, $p\text{-valor}=0,002$), por lo tanto, se podría suponer que la capacidad de desarrollar brotes epicórmicos depende del genotipo (Figura N° 5).

Sin embargo, en otras especies se ha reportado que tanto el número y calidad de brotes epicórmicos formados se encuentran condicionados por la época de colecta del material, el lugar dentro del árbol de donde se colecta y del estado fitosanitario (Hernández *et al.*, 2003), por lo que es posible que el bajo o nulo desempeño de algunos clones pueda ser mejorado al colectar material en otra época del año o bien tomando en consideración estas variantes.

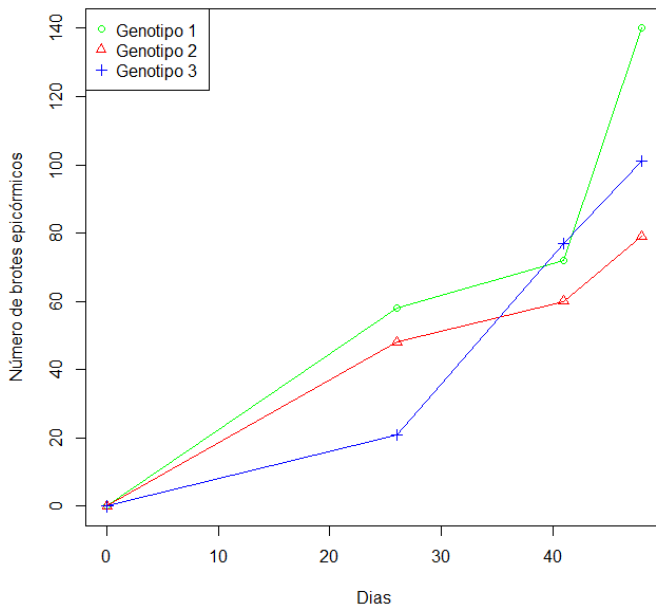


Figura N° 4
NÚMERO DE BROTES EPICÓRMICOS GENERADOS SEGÚN GENOTIPO.

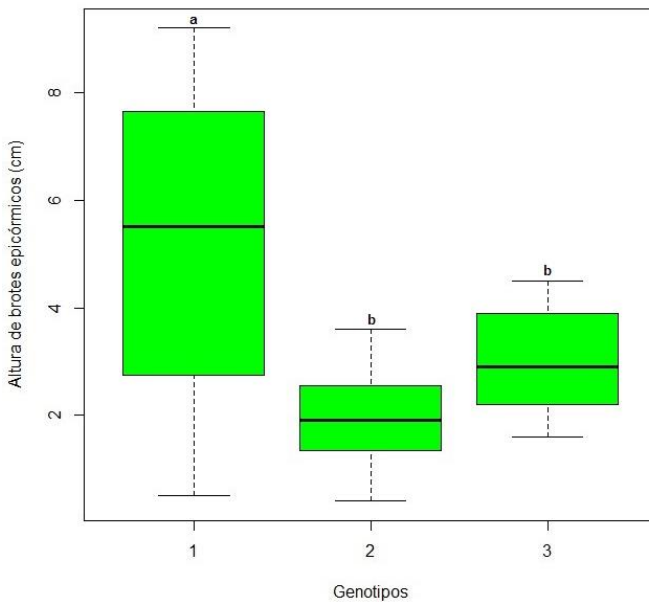


Figura N° 5
ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DE LA ALTURA DE BROTES EPICÓRMICOS GENERADOS POR 3 GENOTIPOS

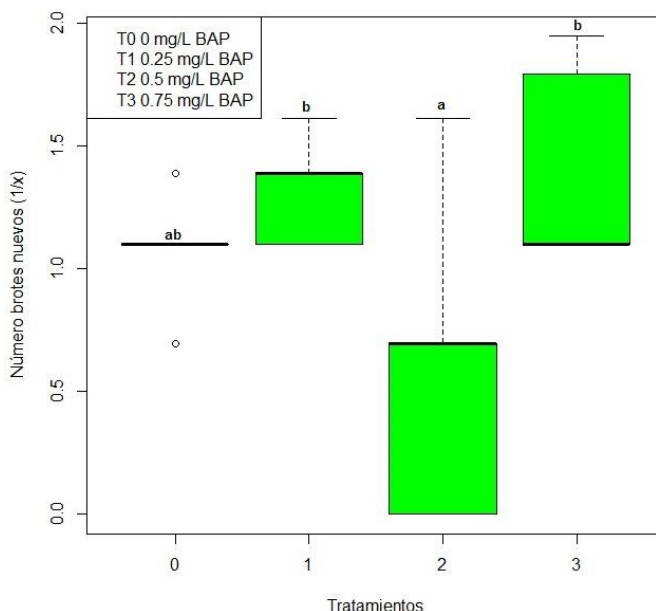
Establecimiento de Brotes

Los brotes epicórmicos generados fueron utilizados como fuente de material para iniciación del cultivo en condiciones *in vitro* utilizando medios sin hormona (MS). Una vez realizado este proceso se evaluó la tasa de brotes contaminados y oxidados (TBC y TBO, respectivamente). Los resultados de este análisis muestran tasas muy bajas, el C1 exhibe un 6% (TBC) y 3% (TBO), para el C2 un 8% (TBC) y un 10% (TBO), por último para el C3, las tasas fueron 6% (TBC) y 4% (TBO).

La contaminación fue principalmente fúngica y la oxidación se presentó en las hojas de los brotes, y esto es común en algunas especies que presentan concentraciones elevadas de sustancias fenólicas (De Klerk *et al.*, 2011; Trueman *et al.*, 2013). Según Benson (2000) la oxidación impulsa el aumento de los radicales libres que son responsables del daño irreparable al ADN, a las proteínas y a las enzimas, causando la disfunción celular y la muerte de los explantes.

Multiplicación de Brotes

Las variables número de brotes nuevos (NBN) y número de hojas nuevas (NHN), fueron utilizadas para determinar la capacidad de multiplicación de los genotipos, con el fin de determinar el mejor tratamiento para multiplicación *in vitro* de boldo. La variable NBN fue transformada mediante la función $f(x)=1/x$, que comprime los valores altos y expande los pequeños para ajustar normalidad. Los diferentes genotipos fueron comparados en el NBN al día 60 utilizando un análisis de varianza (ANOVA), esta prueba arrojó que existen diferencias significativas ($F=4.33$, p -valor=0.002), siendo los tratamientos T1 y T3, aquellos que presentan mayor NBN (Figura N° 6).



Se muestra la variable transformada de número de brotes nuevos ($1/x$) en función de diferentes tratamientos con concentración de mg/L de BAP (6-Benzilamino-Purina). Letras distintas indican diferencias significativas mediante la prueba de Tukey HSD ($\alpha=0.05$).

Figura N° 6
ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DE 4 TRATAMIENTOS DE MULTIPLICACIÓN
IN VITRO DE BROTES EPICÓRMICOS

Así, el rango óptimo de concentración de BAP que asegura la multiplicación de los brotes fluctúa entre 0,25 mg/L y 0,75 mg/L. Al respecto algunos autores registran que altas concentraciones iniciales de citoquininas estimulan la proliferación de múltiples puntos de crecimiento en tejido no meristemático, debido a su efecto en la división celular, a nivel de fase G1 y M del ciclo celular (Jordán y Casaretto, 2006), lo que podría explicar el alto NBN observado cuando se utilizó el T3 (Sánchez et al., 1997; Guohua, 1998; Read y Preece, 2003, Collado et al., 2004).

A medida que avanza la etapa de multiplicación, es decir en los subcultivos, se acostumbra disminuir gradualmente la concentración de la citoquinina para permitir la elongación de los nuevos brotes, tal como ha sido reportado para otras latifoliadas utilizando brotes epicórmicos (Sánchez et al., 1997; Rodríguez et al., 2003; Collado et al., 2004; Akram y Aftab, 2009; Castro y Sánchez, 2010).

Los datos obtenidos en este ensayo se asemejan con los obtenidos por Ríos et al. (2010) en **boldo**, quien determinó que el uso de una concentración de BAP en un rango de entre 0,5 y 1 mg/L, aumentó el número de brotes, utilizando como fuente de material segmentos nodales desde arboles adultos, los cuales son un material altamente lignificado y consecuentemente es de esperar requerimientos mayores en la concentración de BAP para activar la división celular de tejidos no meristemáticos. Como se observa en la Figura N° 7, de acuerdo al presente estudio, cuando se utiliza un material juvenil o revigorizado como el caso de los brotes epicórmicos, las concentraciones requeridas de BAP son menores, sin embargo, se continúa variando en un rango de 0,5 unidades (mg/L) de BAP. Se debe entonces considerar la fuente de material y la variación entre diferentes genotipos para establecer un protocolo de multiplicación *in vitro* de boldo (Sánchez-Olate et al., 2005; Koch et al., 2016).

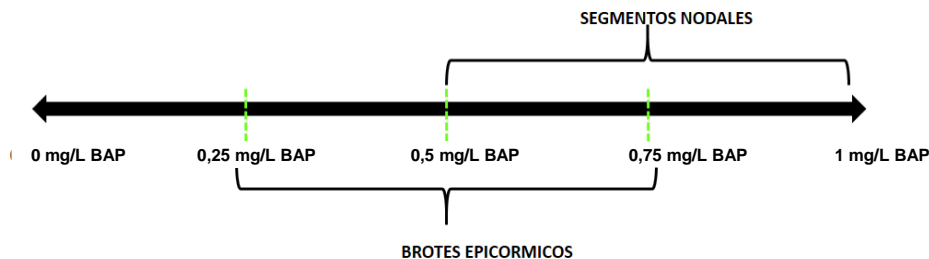


Figura N° 7
ESQUEMA DE RANGOS DE CONCENTRACIÓN DE 6-BENZYLAMINOPURINE (BAP) EN LA MULTIPLICACIÓN *IN VITRO* DE BROTOS NUEVOS SEGÚN FUENTE DE MATERIAL VEGETAL EN ARBOLES ADULTOS

En un sentido práctico y considerando que es un material juvenil y que no existen diferencias en los tratamientos T1 y T3, es más conveniente usar inicialmente T1 (0,25 mg/L de BAP), pero dependerá del comportamiento de los diferentes genotipos. Si la fuente del material es un material más adulto, se podría utilizar T3 (0,75 mg/L de BAP) en una etapa inicial e ir disminuyendo gradualmente hasta T1, en función de la multiplicación y elongación de los brotes.

En relación a la variable NHN, no existen diferencias significativas entre los tratamientos ($F=2,27$, p -valor= 0,12), sin embargo, hay una relación positiva ($r=0,77$, coeficiente de Spearman) entre las variables NBN y NHN. Estos resultados establecen antecedentes relevantes en la generación de un protocolo de multiplicación de material mediante micropropagación de boldo (Figura N° 8), dado que permite la generación de material base para la aplicación de nuevos tratamientos en las etapas posteriores, así como estudios de fisiología vegetal en la especie en estudio.



Figura N° 8
MULTIPLICACIÓN DE MATERIAL MEDIANTE MICROPROPAGACIÓN DE BOLDO
MULTIPLICACION Y ELONGACION DE LOS BROTES

Enraizamiento de Brotes

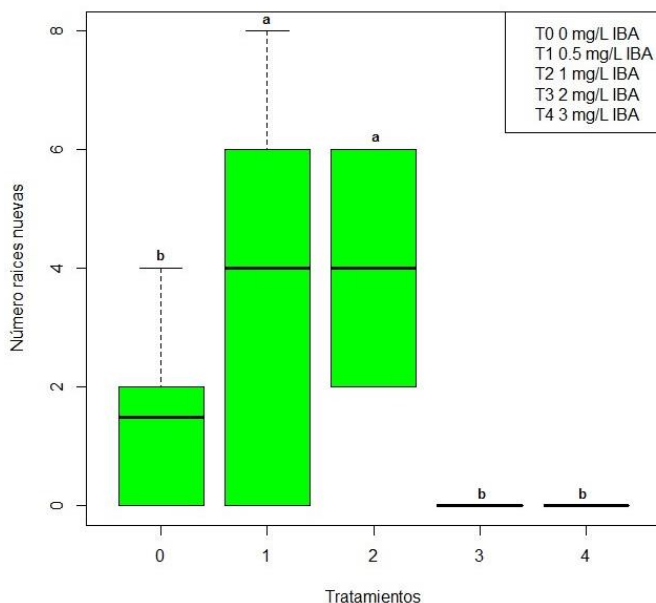
Posterior a la etapa de multiplicación *in vitro* se seleccionaron los brotes homogéneos, vigorosos y sanos (Figura N° 9) para la evaluación de la capacidad de enraizamiento, se probaron los diferentes tratamientos basados en concentraciones IBA. Las auxinas son hormonas que promueven el crecimiento o elongación de las plantas mediante dos vías; i) por incremento de la extensibilidad de la pared celular debido a la secreción de iones de hidrógeno dentro y a través de esta, permitiendo finalmente que las células se expandan debido a una mayor absorción de agua, y por un ii) efecto en el metabolismo del ácido ribonucleico (ARN), que induce posiblemente la transcripción de moléculas de ARN mensajero, las cuales codifican proteínas necesarias para el desarrollo de las plantas (Castro y Sánchez, 2010).



Figura N° 9
SEGMENTOS DE BROTES PROVENIENTES DE LA MULTIPLICACION DEL MATERIAL INICIAL

El ensayo de enraizamiento con auxinas se llevó a cabo solamente en el genotipo C3, ya que solo este mostro un desarrollo radicular, esto es común en la especie la cual se caracteriza por presentar una baja capacidad de enraizamiento (Jeldres, 1998), según Santelices y Bobadilla (1997) y Voguel *et al.* (2005) cercana al < 10%, incluso utilizando material juvenil procedentes de rebrotes de tocón.

A 60 días del montaje de este ensayo, se evaluó la capacidad de enraizamiento de los brotes de boldo como el número y longitud de raíces nuevas (NRN y LRN, respectivamente), se compararon los diferentes tratamientos utilizando un análisis de varianza (ANOVA). Los resultados obtenidos de esta medición muestran que existen diferencias significativas entre los tratamientos para la variable NRN ($F=13,35$, $p\text{-valor}=3 \times 10^{-7}$) (Figura N° 10), siendo los tratamientos T1 (0,5 mg/L IBA) y T2 (1 mg/L IBA) los que presentan la mejor capacidad de enraizamiento, por lo tanto, el uso de IBA en la etapa de enraizamiento de explantes de boldo debe estar en el gradiente de 0.5 – 1 mg/L.



Se muestra la variable número de raíces nuevas en función de diferentes tratamientos con concentración de mg/L de IBA (Ácido Indol-3-butírico). Letras distintas indican diferencias significativas mediante la prueba de Tukey HSD ($\alpha=0.05$).

Figura N° 10
ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DE 5 TRATAMIENTOS DE ENRAIZAMIENTO *IN VITRO*
DE BROTES EPICÓRMICOS

Resultados similares se muestran en otros estudios de especies del bosque esclerófilo, tales como espino (*Acacia caven*) o quillay (*Quillaja saponaria*), donde se evidencia que las bajas concentraciones de auxinas aumentan el NRN (Albedini *et al.*, 2000; Prehn *et al.*, 2003). Para la variable LRN no hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($F=0,121$, $p\text{-valor}=0,973$)

El hecho que en el tratamiento T0 (sin hormona) no se produjera enraizamiento de los brotes indica que es necesaria la aplicación de un estímulo hormonal exógeno para la formación de raíces en el material utilizado.

Es importante señalar que la rizogénesis ocurrió en forma bastante lenta, observándose emergencia de las primeras raíces > 30 días. Durante este período no se observó necrosis apical de los explantes, esto se explica debido a que en plantas leñosas la organogénesis resulta más difícil de lograr por su condición estructural y los procesos de la madurez asociados con la edad.

Al respecto, se pueden mencionar tres etapas que explican lo anterior (Vidal *et al.*, 2016):

Envejecimiento cronológico: Referido a cambios expresados en función del tiempo.

Envejecimiento ontogénico: Relacionado a la transición gradual e irreversible regulada bajo control genético.

Envejecimiento fisiológico: Asociado con la pérdida de vigor causada por cambios hormonales, condiciones nutricionales y ambientales.

Es por ello que se utilizó como estrategia, la inducción de brotes epicórmicos, los cuales son ontogénicamente más jóvenes y ostentan una mejor respuesta morfogénica y fisiológica, debido a que han sido generados a partir de tejidos meristemáticos latentes (Sanchez-Olate *et al.*, 2005; Hasbun 2006). Cabe mencionar que las variables NRN y LRN, no permiten establecer el mejor protocolo de enraizamiento *per se*, ya que la respuesta fisiológica de las raíces, es decir la capacidad de absorción de agua y nutrientes, pudiera tener incidencia en el crecimiento posterior de las plantas (etapa de aclimatación), pudiendo ser nulo incluso en brotes que poseen una gran cantidad de raíces. Por lo tanto, es necesario evaluar la evolución de las plantas, antes de seleccionar el procedimiento de enraizamiento definitivo.

Aunque los resultados de la etapa de enraizamiento son satisfactorios (Figura N° 11), es decir se genera una adecuada cantidad de raíces funcionales, se debe considerar que solo se ha utilizado 1 genotipo de boldo para hacer esta comparación, siendo este un resultado preliminar, por lo que para afirmar este supuesto se debe utilizar una mayor cantidad de genotipos, lo que es materia de investigaciones futuras.



Figura N° 11
ENRAIZAMIENTO DE BROTES MULTIPLICADOS *IN VITRO*

El protocolo de aclimatación de las plantas fue satisfactorio, obteniéndose una supervivencia > 90 % de los brotes cultivados (Figuras N° 12 y N° 13), cabe mencionar que la especie corresponde al grupo de especies semixeromórficas típicas del bosque esclerófilo (Schneeberger, 2001; Benedetti y Barros, 2011), es decir posee hojas perennes y duras, que les permiten resistir las sequías veraniegas y heladas de primavera, características del mediterráneo (Benedetti y Barros, 2011).

En el caso que las plantas regeneradas mediante organogénesis tuviesen destino este tipo de suelos y climas, se aconseja endurecer en vivero u invernadero antes de llevarse a plantación, con esto se garantiza que la planta sobrevivirá a las condiciones adversas propias de estos ambientes, tales como heladas tempranas, alta radiación y sequía.



Figura N° 12
ACLIMATACIÓN DE PLANTAS COMPLETAS



Figura N° 13
PLANTAS CLONALES EN ETAPA DE ACLIMATACIÓN
REGENERADAS MEDIANTE ORGANOGENESIS

CONCLUSIONES

Los antecedentes presentados en este artículo describen una de las primeras aproximaciones a la clonación *in vitro* en árboles adultos de boldo y los resultados presentados muestran que es posible regenerar plantas completas mediante técnicas de micropropagación.

Dadas las limitaciones que tiene la especie para la reproducción vegetativa tradicional, como el estaquillado, estos resultados son de gran interés como una metodología de masificación de material selecto en estudios de fisiología vegetal y/o programas de mejoramiento genético en la especie.

Ante una demanda emergente de metabolitos y principios activos de origen natural, como lo es la boldina, esta metodología es un avance que puede sustentar programas y estudios como los mencionados tendientes a apoyar el manejo sostenible de la especie.

En futuras investigaciones de las características de la realizada se debe considerar mayor número de genotipos.

REFERENCIAS

- Abedini, W.; Boeri, P.; Marinucci, L.; Ruscitti, M. and Scelzo, L., 2000.** Biotechniques used in native forest species. *Forest Systems*, 9(1), 31-43.
- Akram, M. and Aftab, F., 2009.** An efficient method for clonal propagation and *in vitro* establishment of softwood shoots from epicormic buds of Teak (*Tectona grandis* L.). *Forestry Studies in China*, 11(2): 105–110.
- Benedetti, S. y Barros, S., (Eds). 2011.** Boldo (*Peumus boldus* Mol.) Rescate de un patrimonio forestal chileno manejo sustentable y valorización de sus Productos. Instituto Forestal (INFOR).
- Benson, E., 2000.** Special symposium: *In vitro* plant recalcitrance. Do free radicals have a role in plant tissue culture recalcitrance? *In Vitro Cell Dev Biol Plant* 36(3):163–170
- Borges, N.; Martins-Corder, M.; Sobrosa, R. y Santos, E., 2004.** Rebrotas de cepas de árvores adultas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). *Revista Árvore*, 28: 611-615.
- Castro, D. y Sanchez, R., 2010.** Propagación clonal *in vitro* de *Eucalyptus pellita* F. Muell a partir de árboles plus. *Temas Agrarios*, 15:(1) 34 – 43.
- Collado, R.; Barbón, R.; Agramonte, D.; Jiménez, F.; Pérez, M.; Gutiérrez, O. y Ramírez, D., 2004.** Establecimiento *in vitro* de ápices y segmento nodales de *Swietenia macrophylla* King. *Biotecnología Vegetal*, 4 (3): 143-146,
- De Fossard A.; Broker, P. and Bourne, R., 1977.** The organ culture of nodes of four species de *Eucalyptus*. *Acta Horticulturae*,78: 157-165.
- De Klerk, G.; Guan, H.; Huisman, P. and Marinova, S., 2011.** Effects of phenolic compounds on adventitious root formation and oxidative decarboxylation of applied indoleacetic acid in *Malus* 'Jork 9'. *Plant Growth Regulation*, 63(2):175–185
- Durand-Cresswell, R.; Boulay, M. and Franclet, A., 1982.** Vegetative propagation of *Eucalyptus*. En: Bonga J. and Dursan, D. (Eds). Tissue culture in forestry. *Springer Science*, 99: 150-181.
- Espic, M., 2007.** Evaluación de la producción de biomasa aérea y del rendimiento en aceite esencial y boldina, de Boldo (*Peumus boldus* Mol.) en la comunidad de Papudo, V región. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal. Escuela de Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Fink, S., 1983.** The Occurrence of Adventitious and Preventitious Buds within the Bark of Some Temperate and Tropical Trees. *American Journal of Botany*, 70: 532-542
- Furze, M. and Cresswell, C., 1985.** Micropropagation of *Eucalyptus grandis* and *E. nitens* using tissue culture techniques. *African Journal of Agricultural Research*, 135:20-23.
- Franclet, A. and Boulay, M., 1982.** Micropropagation of frost resistant Eucalypt clones. *Australian Forest Research*, 13: 83-89.
- Goncalves, A., 1980.** Reversion to juvenility and cloning of *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake in cell and tissue culture systems. IUFRO Symposium and Workshop on Genetic Improvement and Productivity of Fast Growing Tree Species. Sao Paulo, Brazil. 786-787 pp.
- Grewal, S.; Ahuja, A. and Atal, C., 1980.** *In vitro* proliferation of shoot apices of *Eucalyptus citriodora* Hook. *Ind. Journal of Experimental Biology*, 18:775-777.
- Guohua, M., 1998.** Effects of cytokinins and auxins on Cassava shoot organogenesis and somatic embryogenesis from somatic embryo explants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 54: 1-7.
- Hartmann, H. y Kester, D., 1990.** Propagación de plantas. Principios y prácticas. Compañía Editorial Continental, México. 760pp.
- Hasbún, R., 2006.** Monitorización Epi-genética del desarrollo y producción de plantas de castaño (*Castanea sativa*). Tesis Doctor en Biotecnología. Universidad de Oviedo. Oviedo, España. 234 p
- Hernández, I.; Celestino, C. and Toribio, M., 2003.** Vegetative propagation of *Quercus suber* L. by somatic embryogenesis. II. Plant regeneration from selected Cork Oak trees. *Plant Cell Report*, 21:765-770.

- Ikemori, Y., 1987.** Epicormic shoots from the branches of *Eucalyptus grandis* as an explant source for *in vitro* culture. *The Commonwealth Forestry Review*, 66: 351-355.
- Jeldres, P., 1998.** Efecto del ácido Indolbutírico y época de colecta del material vegetal en el enraizamiento de estacas de *Peumus boldus* Mol. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal. Escuela de Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Talca. Talca, Chile.
- Jordán, M. y Casaretto, J., 2006.** Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas. En: Squeo, F. y Cardemil, L. (Eds). *Fisiología Vegetal*. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile
- Koch, L.; Gonzalez, J.; Benedetti, S. and Molina, M. P., 2016.** Generation of epicormics shoots for vegetative propagation *in vitro* *Peumus boldus*. Mol. Trabajo modalidad de poster presentado en la IUFRO Conferencia Internacional "Embriogénesis somática y otras tecnologías de propagación vegetativa". La Plata, Argentina.
- Le Roux, J. and Van Staden, J., 1991.** Micropropagation and tissue culture of *Eucalyptus* – a review. *Tree Physiology*, 9: 435-477
- Mc Comb, J. and Bennett, I., 1986.** *Eucalyptus* (*Eucalyptus* spp). En: Y.P.S. Bajaj (Ed). *Biotechnology in Agriculture and Forestry*, Volume 1: Trees 1. Springer-Verlag, Alemania. 340-362 pp.
- Montenegro, G., 2000.** Chile nuestra flora útil, Guía para Uso Apícola, Medicinal, Folclórica, Artesanal y Ornamental. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 267pp.
- Murashige, T. and Skoog, F., 1962.** A revised medium for rapid growth and bioassays with Tobacco tissue cultures. *Plant Physiology*, 15: 473-497.
- Oller, J.; Toribio, M.; Celestino, C. and Toval, G., 2004.** The culture of elite adult trees in a genetic improvement programme through *Eucalyptus globulus* Labill. clonal micropropagation. *Eucalyptus* in a Changing World. Proc.of IUFRO Conf., Aveiro 11-15 October 2004.
- Ortiz, O.; Sabja, A. y Koch, L., 2006.** Protocolo de micropropagación de Lenga. En: **Gutiérrez, B. (Ed)**. Cultivo *in vitro* de Lenga (*Nothofagus pumilio*). INFOR. Chile. 76 pp.
- Prehn, D.; Serrano, C.; Berríos, C. y Arce-Johnson, P., 2003.** Micropropagación de *Quillaja saponaria* Mol. a partir de semillas. *Bosque*, 24(2), 3-12.
- R Core Team. 2018.** A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Read, P. and Preece, J., 2003.** Environmental Management for Optimizing Micropropagation. *Acta Horticulturae*, 616:49-58.
- Ríos, D.; Sandoval, D. y Gómez, C., 2010.** *In vitro* culture of *Peumus boldus* Molina via direct organogenesis. IDECEFYN vol 21 January-April 2010, 70-72.
- Rodríguez, R.; Daquita, M.; Capote, I.; Pina, D.; Lezcano, Y. y González-Olmedo, J., 2003.** Nuevos aportes a la micropropagación de *Swietenia macrophylla* x *Swietenia mahogani* (Caoba híbrida) y *Cedrela odorata* (Cedro). *Cultivos Tropicales*, 24 (3):23-27
- Sabja, A.; Ortiz, O. y Triviño, C., 2005.** Micropropagación de árboles *plus* de raulí. En: Gutiérrez, B., Ortiz, O., Molina, M. (Ed). *Clonación de raulí, estado actual y perspectivas*. CEFOR, INFOR, UACH. 41-58 pp.
- San Martín, J. y Doll, U., 1998.** *Peumus boldus* Mol. (Monimiaceae, Magnoliopsida) una especie silvestre promisoría de Chile. *Botanical Studies*, 17:109-118.
- Sánchez, M.; San-Jose, M. and Ballester, Vieitez, 1996.** Requirements for *in vitro* rooting of *Quercus robur* and *Q. rubra* shoots derived from mature trees. *Tree Physiology* 16(8):673-80.
- Sánchez, M.; San-Jose, M.; Ferro, E.; Ballester, A. and Vieitez, A., 1997.** Improving micropropagation conditions for adult-phase shoots of Chestnut. *Journal of Horticultural Science*, 72(3): 433-443
- Sánchez-Olate, M.; Ríos, D. y Escobar, R., 2005.** La Biotecnología Vegetal y el Mejoramiento Genético de Especies Leñosas de Interés Forestal y sus Proyecciones en Chile. In: Sánchez-Olate, M. y Ríos, D. (Eds.). *Biotecnología Vegetal en Especies Leñosas de Interés Forestal*. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. pp. 17-28.
- Santelices, R. y Bobadilla, C., 1997.** Arraigamiento de estacas de *Quillaja saponaria* Mol. y *Peumus boldus* Mol.

Bosque 18(2):77-85.

Schneeberger, R., 2001. Efecto de poda invernal e intensidad de luz sobre el crecimiento y concentración de principios activos en boldo (*Peumus boldus* Mol.) bajo cultivo. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal. Universidad de Talca. Talca, Chile.

Trueman, S.; Mc Mahon, T. and Bristow, M., 2013. Nutrient partitioning among the roots, hedge and cuttings of *Corymbia citriodora* stock plants. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13(4):977–989

Vidal, J.; Ríos, D.; Sabja, A.; Cartes, P. y Sánchez Olate, M., 2016. Organogénesis directa para la propagación *in vitro* de *Quillaja saponaria* Molina en Sudamérica Austral. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(34):57-68.

Vogel, H.; Rasmilic, I.; San Martín, J.; Doll, U. y González, B., 2005. Plantas medicinales chilenas. Experiencias de domesticación y cultivo de Boldo, Matico, Bailahuén, Canelo, Peumo y Maqui. Editorial Universidad de Talca, Chile. 194pp.

Yara, K., 1987. Epicormic shoots from the branches of *Eucalyptus grandis* as an explant source for *in vitro* culture. *The Commonwealth Forestry Review*, 66 (4):351-356.

**RESCATE DEL CONOCIMIENTO ANCESTRAL DE UN PATRIMONIO AGROALIMENTARIO
Y FORESTAL DE LA REGIÓN DE ATACAMA
VALORACIÓN NUTRICIONAL DEL FRUTO Y ARROPE DE CHAÑAR
Geoffroea decorticans (Gill. ex Hook. et Arn.)**

Gacitúa, S¹².; González, M.¹²; Muñoz, R.¹³; Villalobos, E.¹² y Montenegro, J.¹²

RESUMEN

El chañar (*Geoffroea decorticans* Gill. ex Hook. et Arn.) es una especie nativa arbórea de la familia *Fabaceae* que crece en la Región de Atacama, Chile, y en países limítrofes. Esta especie produce frutos que han sido fuente de alimento ancestral y étnico, constituyendo un importante patrimonio alimentario y cultural. El fruto del chañar tiene un alto potencial nutracéutico aportado por el contenido de polifenoles, como son los flavonoides, y también por la actividad antioxidante, permitiendo de esta manera promover el consumo del fruto y derivados, sea como arrope u otros productos de chañar.

En este contexto, el objetivo de estudio fue rescatar el conocimiento tradicional ancestral y valorar el patrimonio alimentario del fruto y arrope de chañar, con el fin de evidenciar su uso alimenticio a través del arrope de chañar como un producto con características especiales para consumidores que buscan lo natural y lo orgánico, y su connotación étnica y ancestral.

Para el rescate del conocimiento ancestral referido al uso y proceso productivo se usaron procedimientos metodológicos que se enmarcan en estrategias y técnicas cualitativas, las que fueron aplicadas y trabajadas con las comunidades Collas y la Red de Mujeres Rurales e Indígenas (RATMURI), ambos de la Región de Atacama. Para la valoración nutricional se determinaron los componentes proximales, antioxidantes y flavonoides de frutos de chañar, específicamente del mesocarpio (pulpa s/cáscara) y su semilla (s/carozo), colectados de diferentes sectores de la Comuna de Copiapó.

Los resultados indican alta presencia de carbohidratos, de flavonoides y de antioxidantes, lo que unido a lo que la literatura indica, posiciona los frutos y el arrope del chañar como un importante producto, no solamente dirigido hacia el ámbito del consumo de alimentos en mercados nichos sino también en el ámbito de la medicina popular (producto etnofarmacéutico).

Palabras claves: Chañar, *Geoffroea decorticans*, Componentes alimenticios, Producto étnico, Producto ancestral, Productos forestales no madereros.

¹² Investigadores, Instituto Forestal sgacitua@infor.cl

¹³ Investigador, Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción.

SUMMARY

Chañar (*Geoffroea decorticans* Gill.ex Hook. et Arn.) is a native tree of the *Fabaceae* family growing at the Atacama Region in Chile and also in bordering countries. Chañar fruits are an ethnic and ancestral food source and represent an important nutritional and cultural heritage. The fruits have a high nutraceutical potential because of their polyphenols contents, such as flavonoids, and also due to its antioxidant properties, allowing that way the promotion of the fruits and derivatives consumption as arrope or other products.

The main objective of the study is to recover the traditional and ancestral knowledge and to value the Chañar fruit nutritional patrimony, in order to demonstrate its use as special properties product to consumers who like natural and organic alternatives as well as their ethnic and ancestral connotation.

To rescue the ancestral knowledge on the use and productive process methodological procedures based on technical and qualitative strategies were used to work with the Collas communities and the Women Rural and Indigenous Net (RATMURI) in the Atacama Region. To the fruit nutritional valuation proximal components, antioxidants and flavonoids were determined by using mesocarp (pulp without skin) and seeds collected from areas of the Copiapó Commune.

The results show high carbohydrates, flavonoids and antioxidants presence and these characteristics, together with the bibliographic information, position fruits and arrope as important products, not only in the food consumption field in niche markets but also in the popular medicine field (ethno-pharmaceutical product)

Key words: Chañar, *Geoffroea decorticans*, Nutritional components, Ethnic products, Ancestral products, Non wood forests products.

INTRODUCCIÓN

Los Productos forestales no madereros (PFNM) son bienes de origen biológico distintos de la madera, derivados del bosque, de otras áreas forestales y de los árboles fuera de los bosques. Los PFNM pueden recolectarse en forma silvestre o producirse en plantaciones forestales o sistemas agroforestales (FAO, 1999).

Los frutos de chañar son productos forestales no madereros y su importancia radica en que pueden constituirse en un importante ingreso económico para las comunidades rurales, en particular para aquellas que habitan las zonas en donde crece esta especie, donde representa una fuente de alimentos para los pueblos originarios, enraizada a su cultura, y una potencial fuente de desarrollo de la comunidad de productores que la cultivan y hacen uso del producto y sus derivados.

El chañar pertenece a la familia *Fabaceae*, es una especie arbórea silvestre que se encuentra difundida en la zona norte del país y, por su adaptación a zonas áridas, tiene un alto potencial de uso en el combate de la desertificación y además sus frutos tienen propiedades alimenticias y medicinales, son utilizados como forraje para el ganado caprino y las comunidades locales también los emplean en la elaboración de un jarabe conocido como arrope.

Los frutos del Chañar son drupáceos, ovoides o globosos, pardo-rojizo a la madurez y constituyen una oportunidad para ampliar estudios dirigidos a revalorizarlo como un recurso alimenticio ancestral y étnico, si se los considera como fuente de ingredientes para elaborar productos con potencial direccionamiento a mercado gourmet, e incluso profundizar la búsqueda en sus constituyentes, que lo harían alcanzar la connotación de fuente de alimentos nutraceuticos o funcionales.

Sobre la base que el chañar produce frutos que han sido fuente de alimento ancestral y étnico de la Región de Atacama, y que constituye un patrimonio cultural posible de recuperar, este trabajo tuvo como objetivo rescatar el conocimiento tradicional ancestral y valorar el patrimonio alimentario del fruto y arrope de chañar, colectados y elaborados por las propias comunidades rurales e Indígenas, que hacen uso de ellos, con el objeto de hacer conocido un producto con uso alimenticio con características especiales para consumidores que buscan lo natural, orgánico, étnico y ancestral.

MATERIAL Y MÉTODO

Rescate del Conocimiento Ancestral

Para el rescate del conocimiento ancestral referido al uso y proceso productivo se utilizaron técnicas metodológicas cualitativas, las que fueron aplicadas y trabajadas con la comunidad Colla Piedra Luna, del sector Piedra Colgada, y la Red de Mujeres Rurales e Indígenas (RATMURI) del sector de San Pedro, ambos de la Región de Atacama. Para ello, se elaboró de manera conjunta la matriz de localización, se diseñó y aplicó una serie de entrevistas semiestructuradas diferenciadas a recolectores, propietarios, productores e informantes institucionales, la que permitió recoger información en tres aspectos: Origen y evolución histórica del producto, traspaso de información respecto al proceso de elaboración dentro de las familias (método genealógico) y proceso ancestral de elaboración de arrope.

Adicionalmente, junto a los elaboradores de chañar en cada comunidad, se realizó un estudio de campo (observación participativa) de la elaboración del arrope, lo que permitió favorecer el rescate de la información referida al uso y proceso productivo además de las relaciones entre el sistema social y el ecológico, resultando esto fundamental para establecer niveles de identidad territorial actual de la comunidad junto con identificar acciones o procesos determinantes en su construcción, además de reconocer variables que pudieran ayudar en su reconocimiento, tanto en el ámbito de diferenciación (lo que los distingue) así como en su proyección (la voluntad de quiénes quieren llegar a ser).

Origen y Colecta de Material Frutal

Se trabajó en rodales naturales de chañar distribuidos en tres sectores de la cuenca del río Copiapó, Comuna de Copiapó, usando la cercanía al mar como referencia en la comuna del mismo nombre en Piedra Colgada (lejano); Barranquilla (intermedio) y Costa (contiguo). De cada sector se seleccionaron 10 árboles que presentaban características saludables y una altura entre 1,5 y 3 m, con el propósito de trabajar con árboles relativamente jóvenes y de edades similares. Durante el mes de febrero del 2017 se procedió a coleccionar frutos maduros de cada árbol por sector, de forma manual y en conjunto con las comunidades.

Elaboración de Arrope de Fruto de Chañar

A partir de los frutos colectados en cada sector, tanto las comunidades Collas como la Red de Mujeres Rurales e Indígenas (RATMURI) elaboraron sus propios arropes según métodos ancestrales-artesanales, obteniéndose un total de seis muestras de arrope. Con posterioridad se realizó una reunión de discusión, donde se logró consensuar el proceso de elaboración utilizado actualmente por ambas comunidades.

Material Analizado

Muestras de material frutal y de arrope fueron sometidas a análisis químico-nutricional, se remitieron las muestras al laboratorio "Labalimentos" del Departamento de Ingeniería de Alimentos de la Universidad de La Serena. Para el caso de los frutos, las muestras fueron específicamente del mesocarpio (pulpa s/cáscara) y su semilla (s/carozo), colectadas de tres sectores de la Comuna de Copiapó. En el caso del arrope fueron seis muestras elaboradas a partir del fruto de estas tres localidades por ambos grupos.

Las variables analizadas fueron los componentes proximales, capacidad antioxidante y contenido de flavonoides. Las metodologías analíticas aplicadas corresponden a las oficiales de la AOAC (*Association of Official Agricultural Chemists, USA*) para los componentes mayoritarios; proteínas mediante el método Kjeldahl gravimétrico (Of. methods of analysis A.O.A.C. 960.52); grasas totales por el Método Soxhlet Gravimétrico (Of. Methods of Analysis A.O.A.C. 920.39); hidratos de carbono por diferencia, humedad (método AOAC 920.15 gravimétrico); fibra cruda (método AOAC 962.09); digestión básica y ácida, azúcares totales y reductores mediante el método Acido 3,5 Dinitrosalicilato (3,5 DNS), energía y cenizas por calculo. La capacidad antioxidante se realizó mediante el método ORAC (descrito por Guorong *et al.*, 2009) y flavonoides totales mediante método espectrofotométrico (descrito por Kim *et al.*, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSION

Rescate del Conocimiento Ancestral Referido al Uso y Proceso Productivo

Comunidad Piedra Luna, Sector Piedra Colgada, Comuna de Copiapó: Como pueblo originario Colla y en virtud de la legislación indígena vigente, a partir de 2002 se gestiona la asignación de tierras para 32 personas y su grupo familiar; ocupando un territorio natural y tradicional de chañares en que se asienta la comunidad. A cada representante de familia le correspondió en comodato (situación aún en trámite de regularización) un sitio de 3 ha, en el cual se encuentran chañares en unidades variables de 500 a 1.000 y más individuos, de diferentes edades, ubicados de preferencia en terrenos planos de escasa pendiente. De las 3 ha, solo una de ellas en promedio es sometida a manejo productivo temporal, donde los comuneros destacan la falta de agua para riego, como el principal factor limitante para el desarrollo de las actividades vinculadas a este recurso y para la forma de residencia y ocupación permanente de los sitios comunitarios asignados. Simbólicamente han creado un icono de identidad que los representa en la sociedad en que viven.

Comunidad RATMURI, sector San Pedro de Copiapó, sector Serranía Poblete, Comuna de Copiapó: Está conformada por un grupo de recolectores y productores de productos

del Chañar, procedentes de este lugar y de otros del entorno, tales como Tierra Amarilla; Los Loros, El Tranque, Manfla, Copiapó y otros poblados menores. Genealógicamente proceden de diferentes troncos sanguíneos entre los cuales se encuentran collas, diaguitas y mapuches, pueblos reconocidos y validados jurídicamente (Ley Indígena N°19593 de 1993, CONADI). Testimonios de arqueólogos y antropólogos regionales señalan, con respecto al colla del lugar "Esta es la única comunidad indígena Colla que remonta su origen desde la parte baja de la Región, más específicamente, en el poblado de San Pedro, muy cerca de la costa, entre Copiapó y Caldera- en donde existen tierras comunitarias".

Como descendientes de pueblos Indígenas, la mayor parte de ellos se ha involucrado en la gestión y la recuperación de tierras comunitarias ancestrales desde 2010, guiados por algunas líderes de la comunidad con el apoyo de algunos profesionales. Se entregaron a comunidades en condición de permanencia de la tenencia de la tierra 1.000 ha, de las cuales 101 ha corresponden a originarios collas y el resto asignados a otros pueblos reconocidos por la Ley citada. En total son 50 familias que ocupan en forma transitoria estos sitios, ya que la mayor parte vive en Copiapó. Los sitios se encuentran localizados en la parte baja de la Quebrada de Monardéz; ocupando el sector identificado como Serranía Poblete. Esta localización geográfica no ha sido adecuada para el asentamiento de la comunidad, por ser área de riesgo y vulnerabilidad natural; últimamente ha recibido el impacto de dos aluviones (2015 y 2017), provocando pérdidas de infraestructura; de animales y de chañares.

Origen y evolución histórica del producto: Al igual que en el pasado, la comunidad Colla Piedra Luna es recolectora y productora, y a la vez comercializa los productos derivados del chañar, pero de manera informal y por referencias de familiares o amistades. Se señala que estas actividades son familiares, centradas en los sitios que pertenecen a la comunidad. Para RATMURI, se observa una actitud generalizada de respeto hacia la palabra de la mujer mayor y líder de grupo, característica vinculada a una forma social de matriarcado en comunidades aborígenes, muy marcada por los historiadores y antropólogos de la región, que le asignan a los hombres de la comunidad labores en minería y en tiempos más actuales a servicios urbanos.

Traspaso de información respecto al proceso de elaboración dentro de las familias (método genealógico): La comunidad Colla Piedra Luna genealógicamente procede de un tronco sanguíneo colla reconocido y validado jurídicamente (Ley Indígena N°19593 de 1993, CONADI). Esta comunidad está representada en la actualidad por tres ramas entrelazadas por vínculos sanguíneos, cuya base familiar es Cordero - Barrera.

De acuerdo a testimonios y experiencias acerca del pasado, la comunidad Piedra Luna identificada como colla se caracteriza por tener una trayectoria de vida en sitios geográficos ocupados por plantas de chañares y se constata la transmisión oral de la utilización de los productos desde generaciones ancestrales. En la actualidad la generación mayor bordea los 80 años (emisores de la tradición) y los involucrados en las actividades vinculadas al recurso promedia los 46 años (receptores de la tradición). Antiguamente, niños y adolescentes se vinculaban a la recolección de frutos y gustaban de participar del procesamiento de los productos, hoy son más lejanos, por razones de estudio y/o trabajo en lugares más distanciados, y por el deseo de sus padres de mejorar su calidad de vida a través del acceso a la educación formal, que en muchos casos significa estudiar en la ciudad, por sobre su permanencia en el campo.

El relato testimonial de la comunidad RATMURI (Serranía Poblete, San Pedro) indica que es más heterogénea que la comunidad Colla Piedra Luna, se caracteriza actualmente por tener una procedencia y trayectoria de vida en sitios geográficos muy diferentes, incluso localizados fuera de la Región de Atacama. El contacto con vecinos y familiares locales integra a los foráneos a una comunidad que siente al chañar como un recurso local y los entusiasman en utilizar el fruto para elaborar arrope (con el tiempo se detectan otras opciones de utilización del mismo). Socialmente, el vínculo matrimonial o de convivencia entre personas de origen colla local con otras etnias constituye un fuerte factor de unión y difusión de los procedimientos que se realizan en la elaboración del arrope y otros subproductos del chañar, que no distan de los realizados en la actualidad. Existen pocos collas que heredan el apellido ancestral, señalando que los apellidos de origen indígena fueron siendo reemplazados por los de la población local que vivía en la zona.

Proceso tradicional de elaboración de arrope: Tradicionalmente las mujeres han jugado un rol preponderante en el procesamiento de los productos, comportamiento que en estos días se mantiene y es fácil de visualizar en el proceso de elaboración del arrope y otros, no obstante, manifiestan algunas diferencias en detalles de la manipulación de este, como en cantidades de agua y obtención de subproductos como harina poco refinada, mazacote, chicha, aguardiente o simple comida para cerdos. Se observa una actitud generalizada de respeto hacia la mujer mayor y dueña de la tradición, característica vinculada a una forma social de matriarcado típica de las comunidades indígenas. En relación al procesamiento tradicional del arrope, que ocupa varias horas (aproximadamente ocho horas), indican que en el pasado se utilizaban pailas de cobre para la cocción, ya que eso aceleraba el proceso, pero que esto hoy no es factible por el precio elevado de estos artefactos. En tiempo más actuales se usaron incluso tambores de lata. Como el quehacer de elaborar arrope durante la estación es limitada, la familia no realizaba esta elaboración más de una vez por año y la producción era destinada principalmente al consumo familiar. Algunas mujeres también elaboraban harina y, a instancias de los varones, también chicha.

La opinión unánime es que el tiempo ocupado para la elaboración de estos productos no es compensado por el valor que se obtiene de su comercialización, opinión fundamentada en parte por el volumen reducido de producto obtenido del procesamiento *versus* el tiempo ocupado y el precio en el mercado informal del cual forman parte. Reconocen no tener claridad en cuanto al valor de los productos en el mercado formal y existen además otras comunidades de localizaciones vecinas al sector, no necesariamente de origen colla, que son recolectoras y/o compradoras de frutos y productoras especialmente de arrope y en menor medida harina, con quienes compiten en el mercado informal. Estiman que en las condiciones actuales con carencia de agua (principal amenaza) y poca colaboración de instituciones de apoyo para mejorar su forma de manejo y conservación del recurso, no es factible ampliar el mercado a lo menos del arrope.

Al igual que en Piedra Luna, las mujeres socias de RATMURI han jugado un rol preponderante en la recolección y el procesamiento de los productos, comportamiento que en estos días se visualiza en el proceso de elaboración del arrope y otros; no obstante, manifiestan algunas diferencias en detalles de la manipulación de este, como en cantidades de agua y tiempo ocupado en la cocción, y obtención de los subproductos como harina, galletas y licor.

En relación al procesamiento del arrope, todos señalan que la recolección del chañar por temporada y la producción de arrope y otros productos de chañar, se inicia en los sectores más altos hacia la cordillera (familias oriundas de Manfla, al igual que lo citado en comunidad Piedra Luna). La tradición asimilada señala que han sido recolectores del fruto y por tradición no han comprado ni vendido semillas y frutos, pero si existen algunas familias que regalan los frutos a familiares y conocidos. El producto estaba, y aún está, destinado al consumo familiar y de algunas amistades, en una forma de comercio informal.

En síntesis, el procesamiento al que se someten los frutos de chañar para la elaboración de arrope se inicia con la cosecha de los frutos, los que se acopian en el lugar en que se realiza la elaboración. Se descartan los frutos deteriorados y seguidamente los frutos seleccionados son lavados con agua limpia y son reservados. Se enciende el fogón con leña (muchas veces también de chañar) y los frutos son dispuestos en fondos para su cocción en agua, los que frecuentemente son rellenados con agua para compensar las pérdidas por evaporación. Terminado el proceso de cocción, los frutos se someten a un proceso de molienda manual que consiste en triturar la pulpa del fruto, separando los carozos de este. La pulpa del fruto se somete a un proceso de estrujado manual, para lo cual se utiliza un paño en donde se vierte el líquido con la pulpa, se recibe el líquido proveniente del estrujado (mosto) en un fondo y el bagazo, que es la pulpa y cáscara de la fruta de la cual se ha extraído el jugo, se reserva para la elaboración de harina gruesa. El mosto se somete a un proceso de evaporación que permite concentrarlo durante un tiempo de 8 horas aproximadamente, hasta alcanzar la consistencia del arrope. Luego de enfriar el mosto concentrado, ya denominado arrope, se envasa normalmente en frascos de 250 cc o en botellas de ¾ L para acopio, almacenaje y posterior venta. En la Figura N° 1 se muestran los procesos que constituyen el flujograma productivo de arrope, el cual fue obtenido por observación de campo en las comunidades.

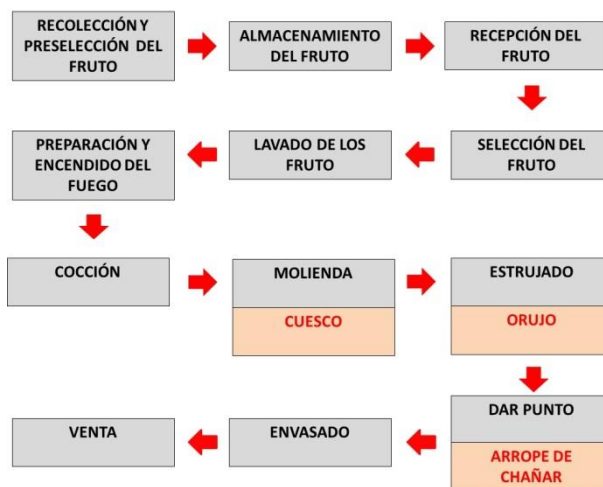


Figura N° 1
FLUJO PRODUCTIVO DE LA PRODUCCIÓN DE ARROPE VALIDADO POR LAS COMUNIDADES COLLA PIEDRA LUNA, DEL SECTOR DE PIEDRA COLGADA, Y RATMURI, DEL SECTOR DE SAN PEDRO

Valoración de la Composición Nutricional

En el Cuadro N° 1 se presentan los resultados de las determinaciones de componentes proximales y constituyentes específicos de muestras de pulpa y semillas de frutos provenientes de los tres sectores en estudio, mientras que en el Cuadro N° 2 se muestran los resultados de las determinaciones de componentes proximales y constituyentes específicos de las seis muestras de arrope elaborado por las comunidades Piedra Luna y RATMURI, de cada sector en estudio.

Cuadro N° 1
COMPONENTES PROXIMALES Y CONSTITUYENTES ESPECÍFICOS DE LAS MUESTRAS DE PULPA Y SEMILLAS PROVENIENTES DE LOS SECTORES DE ESTUDIO

Producto	Pulpa				Semilla			
	Piedra Colgada	Barranquilla	Costa	Promedio	Piedra Colgada	Barranquilla	Costa Previo	Promedio
Proteínas (%)	6,30	6,15	7,49	6,60	4,60	6,38	7,55	6,20
Grasa total (%)	0,45	0,71	1,10	0,80	2,75	4,51	4,44	3,90
Hidratos de carbono (%)	89,0	89,0	88,0	88,7	92,0	88,0	88,0	89,3
Azúcares totales (%)	24,0	21,0	28,0	24,3	15,0	15,0	11,0	13,7
Humedad (%)	15,0	15,0	15,0	15,0	12,0	10,0	10,0	10,7
Cenizas (%)	6,18	4,60	4,95	5,20	1,01	1,09	0,73	0,90
Fibra cruda (%)	6,29	3,23	4,74	4,80	73,00	66,00	65,00	68,00
Energía (kcal)	378	387	392	386	411	418	422	417
Capacidad antioxidante (umol ET/100g)	1.879	2.332	2.824	2.345	2.231	2.385	3.027	2.548
Flavonoides (mg CAT/100g)	3.425	3.230	3.596	3.417	314	176	185	225

No se observan diferencias importantes en los componentes proximales de pulpa y de semilla provenientes de diferentes sectores, lo que indica que los frutos, sin importar su origen, se podrían utilizar para la elaboración de productos a mayor escala productiva. Aun cuando lo informado por diversos autores no permite que los resultados obtenidos de los componentes proximales de pulpa del fruto, y semillas sean comparados directamente, debido a diferencias de la constitución de la muestra de análisis, De manera orientadora se puede indicar que los contenidos de proteínas, grasas, cenizas e hidratos de carbono de los componentes pulpa, se encuentra en los rangos de los valores informados por Orrabalis *et al.* (2013) para fruto entero de chañar, que señalaron valores en base seca que oscilan entre 7 y 10 %; 1,5 y 4,9%; 2,5 y 3,7%, y 81,9 y 86,2 %, respectivamente, según temporada de cosecha.

Se registraron altos valores de carbohidratos y bajos niveles de grasa para todas las muestras de pulpa, los que pueden ser comparados con lo obtenido por Orrabalis *et al.* (2014) para pulpa de frutos, donde se informa alto contenido de carbohidratos (85,6%) y bajo contenido de grasa (0,9%) con valores de 9,4% y 4,2% para proteínas y cenizas, respectivamente. Los altos contenidos de carbohidratos y de azúcares totales de los componentes de la pulpa del fruto ofrecerían posibilidades de uso para la preparación de productos alimenticios del chañar, del mismo modo los altos valores de azúcares y bajo niveles de grasa, permitirían disponer de una materia prima deseable para elaborar jarabes y mermeladas, entre otros productos.

Se observa que el resultado obtenido del contenido de grasa de la semilla sin endocarpio está muy por debajo de lo que Masson (2012) determinó para muestras de chañar de la Región de Atacama y la Región de Coquimbo, obteniendo contenidos promedios de proteínas y grasas de la semilla de 27,3% y 47,5%, respectivamente, por otro lado Nogués *et al.* (2013) señalan un contenido de proteína de 21,6% y de aceite de 48,8% para semillas sin endocarpio, lo que posiblemente se deba a factores de manejo e historia de las muestras de semillas analizadas, implicando que sería importante realizar mayores estudios de la especie en Chile, en particular en la Región de Atacama, con el fin de explorar cantidad y tipo de ácidos grasos que pueden constituir fuente para fines alimenticios como también para biocombustibles. Aunque no se encuentran datos en literatura sobre contenido calórico de componentes de fruto y arrope de chañar, se puede indicar que varía entre 3,9 y 4,2 kcal/g, según sea pulpa o semilla del fruto, registrando un comportamiento promedio de 4,0 kcal/g y 2,0 kcal/g según sean partes del fruto y arrope, respectivamente.

No se ha encontrado referencias que informen sobre los componentes proximales del arrope. Sin embargo, en el Cuadro N° 2 se observan valores promedio similares, para los arropes provenientes de las dos comunidades (Piedra Luna y San Pedro), lo que se debería a un grado de homogeneidad de la condición inicial de los frutos, en particular su condición de madurez y que permitiría deducir que esta variable no generaría diferencias en la composición del producto final. Se observa que el arrope proveniente de las comunidades Piedra Luna y San Pedro del Sector Costa, registraron valores de contenido humedad mayores, de 71 y 55%, respectivamente, cuando se compara con los otros dos arropes, en particular el elaborado por la comunidad Piedra Luna, de 41% y 43%, respectivamente, lo que indicaría posiblemente algunas diferencias en la forma de conducir el proceso de elaboración del arrope, en particular las temperaturas alcanzadas en los tiempos de cocción y la duración de los procesos, lo que debe ser considerado para la vida útil del producto terminado.

Se observa un incremento en la capacidad antioxidante y un detrimento de flavonoides de los arropes (Cuadro N° 2) cuando se compara con los niveles que presentaron los contenidos en la pulpa (Cuadro N° 1). Aunque no se encuentran datos en la literatura sobre capacidad antioxidante y de flavonoides en arrope, existe información que indica que las condiciones de cocción (Anwar *et al.*, 2008; Mazzeo *et al.*, 2011), en especial la temperatura, favorecen la ruptura de constituyentes con potencial actividad antioxidante y que el tiempo de cocción por hervido disminuye la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles totales, que correspondería a la situación observada en este caso. Además, Martins *et al.*, (2018) señalan que una alta actividad antioxidante total en jugos concentrados se puede deber a la liberación de fitoquímicos unidos desde la matriz con el procesamiento termal o el efecto aditivo entre fitoquímicos (Dewanto *et al.*, 2002). Esto, puede llevar a plantear estudios acerca de la dinámica de los antioxidantes en el

arrope que, a diferencia de en otros concentrados de frutas, se deriva de una línea de producción que conlleva un proceso de cocción de frutos y agua agregada.

Cuadro N° 2
COMPONENTES PROXIMALES Y CONSTITUYENTES ESPECÍFICOS DE LAS MUESTRAS DE ARROPE
ELABORADAS POR LAS COMUNIDADES PIEDRA LUNA (PL) Y RATMURI (RAT)
PROVENIENTES DE LOS SECTORES DE ESTUDIO

Producto	Piedra Colgada		Barranquilla		Costa Previo Santa Margarita		Promedio Comunidades		Promedio Total
	PL	RAT	PL	RAT	PL	RAT	PL	RAT	
Proteínas (%)	1,98	1,58	2,05	1,92	1,60	1,60	1,90	1,70	1,80
Grasa total (%)	0,04	0,03	0,02	0,21	0,03	0,31	0,09	0,20	0,10
Hidratos de carbono (%)	57,0	53,0	55,0	45,0	27,0	43,0	46,3	47,0	46,7
Azúcares totales (%)	56,0	50,0	53,0	43,0	26,0	35,0	45,0	42,7	43,8
Humedad (%)	41,0	46,0	43,0	52,0	71,0	55,0	51,7	51,0	51,3
Energía (%)	3,47	2,76	3,04	2,81	1,62	1,31	2,70	2,30	2,50
Energía (kcal)	236,0	219,0	228,0	190,0	115,0	181,0	193,0	196,7	194,8
Capacidad antioxidante (umol ET/100g)	4.399	6.544	6.787	6.155	7.461	7.929	6.216	6.876	6.546
Flavonoides (mg CAT/100g)	239	266	218	183	302	121	253	190	222

Respecto de la capacidad antioxidante y el contenido de flavonoides de pulpa y semilla (Cuadro N° 1) se observa que contienen niveles de antioxidantes promedio 8,6% mayores en la semilla que en la pulpa, observándose diferencias entre el origen de las muestras analizadas, según comunidad y sector de procedencia. En el contenido de flavonoides se observa que existe una variación que va de 176 a 3.596 mg CAT/100 g, registrando los menores valores para semilla y los mayores para pulpa. El arrope (Cuadro N° 2) mostró una cantidad de antioxidante que osciló entre 4.399 y 7.929 (umol ET/100 g) y flavonoides que variaron entre 121 y 302 mg CAT/100 g, según origen de la muestra. Las diferencias registradas se podrían deber al origen y condición del material analizado y a diferencias en las condiciones de proceso del arrope.

La capacidad antioxidante ORAC se ha convertido en un estándar para determinar la capacidad de antioxidantes en alimentos, jugos y aditivos alimenticios. El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) emite una lista sobre el valor ORAC de varios vegetales. Aunque los expertos sostienen que no hay suficiente evidencia científica, se puede proporcionar alguna orientación para comparar la magnitud antioxidante de un alimento con relación a otro. USDA recomienda una ingesta de entre 3.000 y 5.000 unidades ORAC diarias para combatir, mediante la alimentación, los posibles efectos de los radicales libres, por lo que los niveles presentados por las muestras superarían esos niveles (Navarro-González, 2017). También, los contenidos de antioxidantes encontrados en componentes de los frutos de chañar (Cuadro N° 1), superan o están en el rango de los contenidos que registran hortalizas, como acelga, lechuga y frutas, como almendra con piel y arándano fresco (INTA, 2018).

Si se observa en el Cuadro N° 2 la relación entre capacidad antioxidante y contenido de flavonoides en las muestras de arrope (n=6), se constata que no hay una relación entre estos constituyentes del arrope del chañar. Daud *et al.* (2010) encontraron correlación entre contenido fenoles y actividad antioxidante, mientras que Palomino *et al.* (2009) encontraron una débil relación entre actividad antioxidante y contenido de flavonoides. Según los resultados de diversos autores (Zapata *et al.*, 2013; Mazzeo *et al.*, 2011; Anwar *et al.*, 2008; Agostini *et al.*, 2004) factores como la variabilidad de las muestras, los procesos y la interacción de compuestos pueden explicar esa relación.

La efectividad antioxidante es mayoritariamente debido a la presencia de compuestos fenólicos. Silva *et al.* (1999) indicaron que los componentes de los carbohidratos son emolientes, mientras que los de los flavonoides son clasificados como entiespamódicos y antihistamínicos. Middleton *et al.* (2000) señalan que los flavonoides tienen actividad antiinflamatoria, antiviral, antibacterial y coadyuvante en la disminución del riesgo a padecer enfermedades cardiovasculares.

Reynoso *et al.* (2013) informan que el arropo es tradicionalmente preparado para tratamientos de enfermedades inflamatorias del sistema respiratorio, tales como bronquitis, laringitis y faringitis, caracterizadas por dolor y dificultad de deglución, tos constante y dolor en el pecho. El efecto analgésico del chañar se debería a las propiedades opioides de la planta, factor que sería responsable del efecto antitusivo atribuido a esta especie en la medicina popular, justificando también el uso de estos productos por sus significativos efectos antinociceptivos, que alteran aspectos sensoriales para disminuir la sensación de dolor. Tanto el arropo como los extractos acuosos derivados de los frutos del chañar, según los mismos autores, tienen un potente efecto antinociceptivo y constituyen un ejemplo de producto etnofarmacología.

CONCLUSIONES

Las comunidades de Piedra Colgada y San Pedro en la región de Atacama, se identifican plenamente con los chañares y con el uso histórico que ellos y sus antepasados han realizado de sus frutos. Son capaces de reconocer la importancia ancestral del arropo y harina de chañar, tanto en su dieta como en el ámbito de la salud, entendiendo la necesidad de traspasar sus conocimientos a la familia y cercanos como una forma de mantener y rescatar esta tradición, especialmente destacada como parte de la cultura Colla.

Del estudio también se desprende el interés y el reconocimiento por parte de la comunidad sobre generar cambios en su técnica de elaboración y de gestión comercial, de manera de adaptarse a nuevas condiciones de mercado y responder a nuevas demandas de consumidores, incluso fuera del ámbito local, buscando con ello valorizar su tradición y su trabajo, ya que una de las limitantes actuales es precisamente no ver reflejado en el precio de venta las horas de dedicación que requiere esta labor. Se abre así una importante oportunidad para desarrollar un modelo de negocios que pueda colaborar en el logro de este anhelo de la comunidad.

Sobre la base de la exploración realizada y de los aportes de diversos autores se puede señalar que el fruto del chañar tendría un alto potencial nutracéutico dado por el contenido de polifenoles, específicamente flavonoides, y también por la actividad antioxidante, permitiendo que estas características particulares sean utilizadas para promover el consumo del fruto de chañar y productos derivados, como arropo u otros.

La alta presencia de carbohidratos, flavonoides y antioxidantes, además de lo que la literatura indica, posiciona los frutos y derivados del chañar como un importante producto con potencial, no solamente en el ámbito del consumo de alimentos dirigidos a mercados nichos sino también en el ámbito de la farmacopea, especialmente en el ámbito de la medicina popular.

La identificación de usos potenciales derivados de las características de composición del fruto, además de los usos actuales recogidos, podrán configurar las fortalezas de la materia prima, que además pudiera ser parte del análisis estratégico de la unidad de negocio basada en productos con base en chañar.

Se puede afirmar que el fruto del chañar es un producto muy versátil, con un amplio rango potencial de usos en la industria alimentaria y medicinal, lo que queda de manifiesto en su composición nutricional. Esta drupa carnosa, comestible, de sabor dulce ya se emplea para la elaboración del arropo, que se obtiene mediante la cocción y concentración hasta lograr una apariencia viscosa similar a un jarabe o *syrup*, el cual es utilizado en la medicina popular para dolencias de la garganta y en la gastronomía. Sin embargo, sus características permiten ampliar su espectro de uso y podría ser utilizado para distintas preparaciones como dulces, flanes, tortas, postres espumosos con la adición de crema batida y gelatina sin sabor previamente hidratada y

disuelta. A su vez su uso en la elaboración de salsas para acompañar helados y para endulzar bebidas amplía sus posibilidades de uso y, consecuentemente, de unidades potenciales de negocio.

RECONOCIMIENTOS

El presente estudio fue realizado con el apoyo de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y con la valiosa colaboración de las Comunidades de la Región de Atacama.

REFERENCIAS

Agostini, L., Morón, M.; Ramón, A. y Ayala, A., 2004. Determinación de la capacidad antioxidante de flavonoides en frutas y verduras frescas y tratadas térmicamente. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(1):89-92.

Anwar, F.; Iqbal, S. and Sultana, B., 2008. Effect of different cooking methods on the antioxidant activity of some vegetables from Pakistan. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 560-567.

Daud, A., Reynoso, M.; Habib, N. y Sanchez, R., 2010. Antioxidant activity and acute oral toxicity of *Phrygilanthus acutifolius* flowers. *Latin American Journal of Pharmacy*, 29 (2010), pp. 783-788

Dewanto, B.; Wu, X.; Adom, K. K. and Liu, R. H., 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of Tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 3010-3014.

FAO, 1999. Actividades forestales de la FAO. Hacia una definición uniforme de los productos forestales no madereros. En: <http://www.fao.org/docrep/x2450s/x2450s0d.htm#fao%20forestry>

Guorong, D.; Mingiun, L.; Fengwang, M. and Dong, L., 2009. Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in Actinidia fruits. *Food Chemistry* 113 (2009) 557–562

INTA, 2018. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos. <http://www.portalantioxidantes.com/base-datos-de-antioxidantes/#Base%20de%20Datos%20de%20Antioxidantes%20en%20Frutas> (Consultado 20 junio de 2018).

Kim, D.; Jeong, S. and Lee, C., 2003. Anioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of Plums. *Food Chemistry*. 81, 321-326.

Martins, C. P. C.; Ferreira, M. V. S.; Esmerino, E. A.; Moraes, J.; Pimentel, T. C.; Rocha, R. S.; Freitas, M. Q.; Santos, J. S.; Ranadheera, C. S.; Rosa, L. S.; Teodoro, A. J.; Mathias, S. P.; Silva, M.; Raices, R. S. L.; Couto, S. R. M.; Granato, D. and Cruz, A.G., 2018. Chemical, sensory and functional properties of whey-based popsicles manufactured with Watermelon juice concentrated at different temperatures. *Food Chemistry* 255:58-66.

Masson, L., 2012. Semillas de frutos nativos y cultivados en Chile: Su aceite como fuente de compuestos nacionales. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Farmacia, Departamento de Nutrición y Bromatología. Memoria para optar al grado de Doctor. 277 p.

Mazzeo, T.; N'Dri, D.; Chiavaro, E.; Fogliano, V.; Pellegrini, N. and Visconti, A., 2011. Effect of two cooking procedures on phytochemical compounds, total antioxidant capacity and colour of selected frozen vegetables. *Food Chemistry*, 128, 627-633.

Middleton, E. J. R.; Kandaswami, C. and Theoharides, T., 2000. The effects of plant flavonoids on mammalian cells: Implications for inflammation, heart disease and cancer. *Pharmacological Reviews* 52(4): 673-751.

Navarro-González, I.; Periago, M. J. and García-Alonso, F. J., 2017. Estimation of the antioxidant capacity of foods consumed by the Spanish population. *Rev Chil Nutr* 44 (2):183-188

Nogués, E.; Castro, O. E.; Correa, R. J.; Puricelli, M.; Gómez, H.; Beale, I. y López, R., 2013. Revalorización del chañar (*Geoffroea decorticans*) en ambientes áridos y semiáridos de Argentina, múltiples usos y posibilidades agroindustriales para las comunidades campesinas. *Revista de Divulgación Técnica Agrícola y Agroindustrial* 45:1-8.

Orrabalís, C.; Gorostegui, H.; Calandri, E. and Guzmán, C., 2013. Functional parameters and glucose content in flours obtained from ripe fruit of Chañar (*Geoffroea decorticans*) from semi-arid and arid zones of Formosa

province. *Multequina* 22: 15-22

Orrabalis, C.; Gorostegui, H.; Calandri, E. y Guzmán, C., 2014. Caracterización química y evaluación sensorial de dulces novedosos elaborados con frutos de *Geoffroea decorticans*, Fabaceae. *Phyton* 83:117-125.

Palomino, L. R.; García, C.; Gil, J.; Rojano, B. and Durango, D., 2009. Determination of phenolic content and evaluation of antioxidant activity of Propolis from Antioquia (Colombia). *Vitae* 16(3):388-395.

Reynoso, M. A.; Vera, N.; Aristimuño, M. E.; Daud, A. and Sánchez, A., 2013. Antinociceptive activity of fruits extracts and arropo of *Geoffroea decorticans* (Chañar). *Journal of Ethnopharmacology* 145:355-362.

Silva, R.; Ruiz, R. E. y Ruiz, S. O., 1999. Estudio fitoquímico de frutos de *Geoffroea decorticans* (Gill. Ex Hook. Et Arn.) Burk. Leguminosae (Fabaceae). *Acta Farm. Bonaerense* 18(3):217-219.

Zapata, K.; Cortés, F. y Rojano, B., 2013. Polifenoles y actividad antioxidante del fruto de guayaba agria (*Psidium araca*). *Información Tecnológica* 24(5):103-112.

RESUMEN

Durante el verano 2016-2017 se dieron especiales condiciones climáticas en la zona central del país, como altas temperaturas, baja humedad atmosférica y velocidad de los vientos, que favorecieron la ocurrencia de numerosos incendios forestales que provocaron grandes pérdidas, 500 mil hectáreas fueron afectadas y 200 mil hectáreas de plantaciones forestales fueron destruidas por el fuego.

Las principales pérdidas forestales ocurrieron entre las Regiones de O'Higgins y Bio Bio, y en especial en la Región de Maule donde se quemaron 128 mil hectáreas. Pequeños y medianos propietarios forestales perdieron 93 mil hectáreas de plantaciones de pino y de eucalipto de diferentes edades y el más afectado fue el segmento de los pequeños propietarios que perdió 59 mil hectáreas de plantaciones.

Estos segmentos de propietarios normalmente no tienen los recursos para establecer plantaciones y menos aún bajo la actual situación que los encuentra descapitalizados. Las plantaciones que poseían habían sido mayoritariamente logradas gracias a los incentivos estatales que para estos efectos otorgaba la legislación de fomento forestal que rigió en el país desde 1974 hasta 2012.

Se plantea la posibilidad de una combinación de incentivos estatales y créditos de fomento, recuperables para el Estado vía impuestos al final de la rotación, para que estos segmentos de propietarios puedan reforestar las áreas quemadas. Para estos efectos, se hace un análisis de la viabilidad de aplicación de incentivos estatales y de la rentabilidad para el Estado y los propietarios afectados por los incendios a través de los flujos monetarios dados por ingresos y egresos, incluidos los impuestos correspondientes, para plantaciones de pinos y eucaliptos en rotaciones de 24 y 14 años, respectivamente, con principal atención en la Región de Maule donde estos propietarios perdieron 48 mil hectáreas.

Las principales cifras de rentabilidad y tasa de descuento para el privado y el Estado obtenidas indican que sería viable implementar un programa de fomento para la reforestación a gran escala de las superficies quemadas de pequeños y medianos propietarios, y que este programa sería económica y socialmente rentable para los propietarios y para el Estado vía impuestos y externalidades positivas.

Palabras clave: Incendios forestales, Incentivos estatales para la reforestación, Pequeños y medianos propietarios, Plantaciones forestales.

SUMMARY

During the 2016-2017 summer very special climatic conditions over the country's central part, like high temperatures, low atmospheric humidity and the dominant winds speed, favoured the occurrence of a number of forest fires, which generated strong damages; 500 thousand hectares affected and 200 thousand hectares of planted forests burned.

Main planted forest losses were located through the O'Higgins to the Bio Bio Regions and especially in the Maule Region, where 128 thousand hectares were destroyed by fires. Small and

medium owners lost 93 thousand hectares of different age Eucalypt and Pine planted forests, mainly the small owners segment with 59 thousand hectares lost.

These owner segments have not the resources to plantations establishment and much less now when they are undercapitalized. Most of the plantations they had were established under the support of state incentives to afforestation in force in the country since 1974 to 2012.

It is proposed a combination of State incentives and promotion loans, recoverable for the State at the harvesting time, to promote the small and medium owners burned areas reforestation. In this paper it is reviewed the State incentives viability and the State and owners profitability through the Pine and Eucalypt plantation cash flows, including taxes, with a main focus on the Maule Region where main losses were registered.

Results indicate that would be possible the establishment of a foment programme for a large scale burned areas recover, being the proposed programme socially and economically profitable to the owners and to the State through taxes and positive externalities.

Key words: Forest fires, State incentives to reforestation, Small and medium owners, Planted forests.

INTRODUCCIÓN

Plantaciones Forestales

Chile dispone actualmente de 2,41 millones de hectáreas de plantaciones forestales y 14,43 millones de hectáreas de bosques nativos, sin embargo son las primeras las que sustentan la desarrollada y creciente industria forestal nacional, generando grandes volúmenes de productos de la transformación primaria de la madera, como pulpa y papel, madera aserrada, tableros y chapas, y otros, que son destinados principalmente a los mercados externos con retornos de divisas por sobre los 5 mil millones de dólares por año (INFOR, 2017a; 2017b).

En el año 2016 la corta anual de madera en trozas para fines industriales alcanza un volumen de 44,6 millones de metros cúbicos y solo el 0,67% de este proviene de bosque nativos, con reducidos volúmenes destinados a madera aserrada, tableros y chapas (INFOR, 2017b), de modo que las plantaciones forestales proveen sobre el 99% del volumen de madera que se cosecha anualmente en el país para fines industriales.

La especie mayoritariamente empleada en las plantaciones chilenas es pino radiata (*Pinus radiata* D. Don) con 1.391.039 ha plantadas, la siguen los eucaliptos con 860.317 ha (*Eucalyptus globulus* Labill, con 592.136 ha y *Eucalyptus nitens* H. Deane and Maiden, con 268.181 ha) y otras varias especies con 162.852 ha (INFOR, 2017b).

Desde los tiempos de la Colonia hasta los inicios del siglo XX el país experimentó grandes pérdidas de bosques nativos debidas a desmedidas ampliaciones de las fronteras agrícolas y ganaderas, los incendios forestales provocados para estos efectos y la sobreutilización de los bosques. Las cifras de uso potencial y uso actual de los suelos dejan en evidencia que en la época prehispánica la superficie de bosques nativos en el país era al menos el doble de la actual (Figura N° 1).

Las grandes pérdidas de bosques desde la época de la Colonia dejaron extensas superficies de suelos forestales desarbolados y bajo severos procesos erosivos que era necesario forestar para hacerlos productivos y para proteger suelos y aguas.

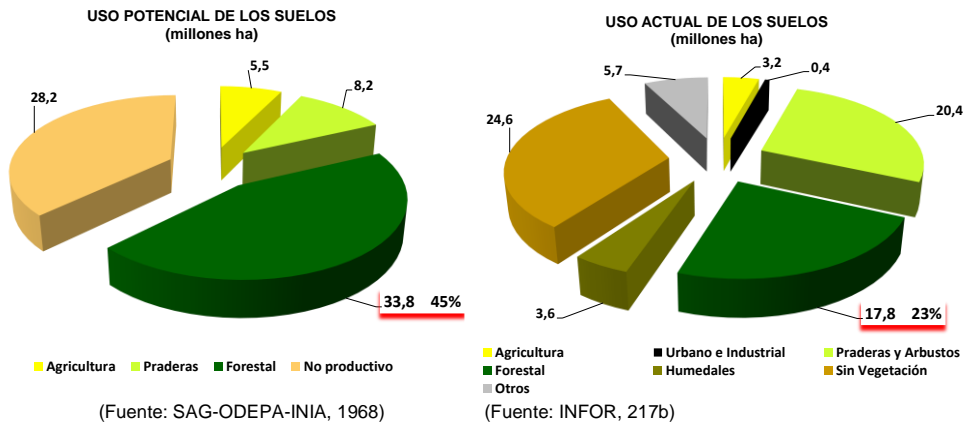


Figura N° 1
USO POTENCIAL Y USO ACTUAL DE LOS SUELOS

Los orígenes de las plantaciones forestales con especies exóticas de rápido crecimiento se remontan a fines del siglo XIX e inicios del siglo XX con los trabajos de los técnicos alemanes Federico Albert y Conrad Peters, para el Gobierno de Chile en las dunas de Chanco, el primero, y para la Empresa Carbonífera de Lota en la zona de Lota, el segundo, quienes desarrollaron trabajos pioneros de introducción de especies y de establecimiento de plantaciones. Las introducciones de *Pinus radiata* desde California, Estados Unidos, y de *Eucalyptus globulus* desde el sur de Australia corresponderían a esa época.

Posteriormente, a mediados del siglo XX, son empresas como la Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones (CMPC), la Compañía Chilena de Fósforos y Forestal Colcura las que desarrollan programas de forestación con pino radiata en la Región del Bio Bio, la primera, con álamos en la Región del Maule, la segunda, y con eucalipto en la Región del Bio Bio, la tercera.

El Estado por su parte emprende una fuerte acción de forestación con pino radiata en las Regiones de O'Higgins y Maule, en preparación de lo que sería posteriormente Celulosa Constitución. Así, desde la mitad del siglo, las plantaciones forestales se expanden y para inicios de los años 70 se estima existían ya 450.000 ha; 400 mil de pino radiata y 50 mil de otras especies, entre las que la principal era *Eucalyptus globulus*.

En 1974 se da un fuerte impulso a la forestación en el país con la promulgación del DL N° 701, normativa que en lo principal establece por 20 años un incentivo estatal para la forestación, entendida esta como la plantación en suelos que a ese año o posteriormente no hayan tenido una cubierta vegetal con valor comercial; hace obligatoria la reforestación; y establece que toda acción de corta de bosques plantados o nativos debe contar con plan de manejo aprobado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF).

La aplicación de este cuerpo legal eleva las tasas anuales de plantación a una cifra cercana a las 100.000 ha en promedio (INFOR; 2017b), siendo la forestación componente importante de ella, situación que se mantiene hasta 2012, año en el que este cuerpo legal y sus extensiones posteriores expira y las cifras de forestación anual caen a niveles marginales. La tasa media de plantación anual se mantiene, pero ahora representada fundamentalmente por la reforestación, esto es la reposición anual de las superficies cosechadas. En el año 1995 se plantan en el país 99.857 ha y 60.266 ha corresponden a forestación, en 2016 en tanto se plantan 98.464 ha y solo 2.421 ha corresponden a forestación (INFOR, 2017b). Por primera vez en casi 40 años la superficie total de plantaciones existente en el país empieza a experimentar cierto retroceso.

Diversas iniciativas para extender la ley de fomento a las plantaciones o generar un nuevo cuerpo legal al respecto no han prosperado aún, pero se trata de una necesidad urgente si se considera que pequeños y medianos propietarios de suelos forestales no tienen la capacidad económica para forestar sin los incentivos estatales, y que, como legado de las grandes pérdidas de bosques ocurridas desde los tiempos de la Colonia hasta inicios del siglo XX, existen en el país amplias extensiones de suelos forestales potencialmente disponibles para la forestación, descubiertos y bajo procesos erosivos, donde en el corto y mediano plazo se podría al menos duplicar la actual superficie de plantaciones, sin compromiso alguno de la superficie cubierta por recursos forestales nativos.

De acuerdo a un estudio realizado por Beltrán (2013) para la Corporación Nacional Forestal (CONAF) la superficie potencialmente disponible para forestación sería de 2,63 millones de hectáreas entre las regiones de O'Higgins y Aysén. Diversos actores sectoriales estiman que esta cifra es significativamente mayor y desde luego lo es si se consideran también las Regiones de Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana por el norte y la Región de Magallanes por el sur.

Incendios Forestales Verano 2016 - 2017

En el país los incendios forestales son un problema recurrente todas las temporadas de verano y obligan a importantes despliegues de recursos humanos y materiales para prevenirlos y combatirlos. Son exclusivamente provocados por el hombre, sea por descuido, accidente o incluso en forma intencional.

En la temporada 2016-2017 se conjugaron condiciones climáticas extraordinariamente favorables para la rápida propagación de incendios, como un período de sequía que se había prolongado por varios años, altas temperaturas, baja humedad relativa ambiental e intensidad de los vientos, las cuales lamentablemente se sumaron a una inusual frecuencia de incendios provocados intencionalmente, caracterizados por múltiples focos en diferentes lugares.

Esta situación tornó completamente insuficientes los esfuerzos de CONAF, las empresas forestales y los propietarios para controlar estos siniestros, y los daños son ampliamente conocidos; pérdidas humanas y materiales, más de 500 mil hectáreas afectadas y más de 200 mil hectáreas de plantaciones quemadas (Cuadro N° 1 y Figura N° 2), además de superficies menores de bosques y matorrales nativos, principalmente entre las Regiones de O'Higgins y Bio Bio.

**Cuadro N° 1
SUPERFICIE DE PLANTACIONES QUEMADA POR REGIÓN**

Región	Total (ha)
Coquimbo	257
Valparaíso	549
Metropolitana	295
O'Higgins	34.427
Maule	128.156
Bio Bio	39.246
La Araucanía	1.778
Total	204.708

(Fuente: INFOR, 2017c)

Los incendios arrasaron con casi 205 mil hectáreas de plantaciones, 98,6% de esta superficie ubicada en las Regiones de O'Higgins, Maule y Bio Bio, y muy en especial en la Región del Maule que reúne el 62,6 de la superficie de plantaciones quemada, con algo más de 128 mil hectáreas.

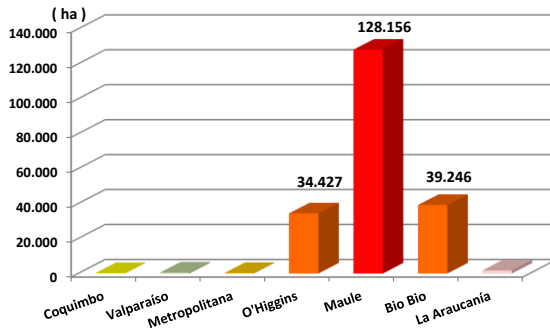


Figura N° 2
SUPERFICIE DE PLANTACIONES QUEMADA POR REGIÓN

Según especies, las superficies quemadas corresponden mayoritariamente a plantaciones de pino (79,9%), pero hay importantes pérdidas también de plantaciones de eucaliptos (19,6%) (Figura N° 3).

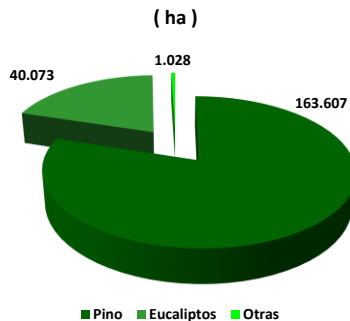


Figura N° 3
SUPERFICIE QUEMADA SEGÚN ESPECIES

Se trata de casi 205 mil hectáreas de plantaciones perdidas, lo que en superficie equivale a 2 años de plantaciones en el país. Los volúmenes proyectados de las plantaciones que existían en las superficies afectadas a su edad de rotación son de 28,9 millones de metros cúbicos en el caso de pino y de 6,9 millones de metros cúbicos en el caso de eucaliptos, lo que da un total de 35,8 millones de metros cúbicos (INFOR, 2017c). Esto obliga a reponer estas superficies al más breve plazo y muy probablemente se hará necesario adelantar cosechas en los años venideros para suplir las demandas industriales, más aún si se consideran importantes ampliaciones industriales como las recientemente anunciadas por Forestal Arauco en la Región de Bio Bio.

Se agrega a lo anterior que aproximadamente un tercio de la superficie de plantaciones quemada estaba muy cercana a la edad de cosecha (54.991 ha en clases de edad de 18 a 23 años y más en pino, y 13.705 ha en clase de edad mayor de 12 años en eucaliptos), razón por las que las pérdidas en disponibilidad de volumen al corto plazo son importantes.

Los estudios de disponibilidad futura de madera de plantaciones que periódicamente realiza INFOR (INFOR, 2013) a un horizonte de 30 años ya habían detectado ciertos desajustes en los que la demanda proyectada superaría a la oferta proyectada. Actualmente está en desarrollo un nuevo estudio de este tipo en el que ya se avizora un agravamiento de esta situación como resultado de los recientes incendios.

Situación de los Pequeños y Medianos Propietarios

Las grandes y medianas empresas forestales con seguridad repondrán rápidamente las más de 100 mil hectáreas de plantaciones que perdieron por los incendios de la temporada 2016-2017 (Cuadro N° 2 y Figura N° 4). No pudieron incrementar sus programas de reforestación para el invierno 2017 por no haber mayor disponibilidad de plantas en viveros, ya que estas se empiezan a producir el año anterior, pero a partir de la temporada 2018 iniciarán la recuperación.

Distinta es la situación de los pequeños y medianos propietarios que perdieron 92.922 ha de plantaciones. Solo en la Región del Maule la pérdida de estos segmentos de propietarios alcanza a 48.222 ha, siendo el segmento de los pequeños propietarios el más afectado, con 32.497 ha quemadas (Cuadros N° 2 y N° 3 y Figura N° 4) (INFOR, 2017c).

Estos segmentos de propietarios, en especial los pequeños, usualmente no tienen la capacidad económica para forestar, con seguridad gran parte de las plantaciones que poseían habían sido logradas con los incentivos estatales que otorgaba el DL 701 hasta el año 2012, y quedaron descapitalizados por las pérdidas sufridas.

Cuadro N° 2
SUPERFICIE DE PLANTACIONES QUEMADA
POR REGIÓN Y TIPO DE PROPIETARIO

Región	Grandes	Medianas	Medianos	Pequeños	Total
	Empresas	Empresas	Propietarios	Propietarios	
	(1)	(2)	(3)	(4)	
(ha)					
Coquimbo				257	257
Valparaíso			32	517	549
Metropolitana			260	35	295
O'Higgins	5.122	2.625	15.117	11.563	34.427
Maule	77.482	2.452	15.725	32.497	128.156
Bio Bio	21.598	1.472	2.366	13.810	39.246
La Araucanía	1.035		122	621	1.778
Total	105.237	6.549	33.622	59.300	204.708

(Fuente: INFOR, 2017c)

(1) > 30.000 ha (2) 5.000 a 30.000 ha (3) 200 a 5.000 ha (4) < 200 ha

Cuadro N° 3
SUPERFICIE DE PLANTACIONES QUEMADA
POR REGIÓN, TIPO DE PROPIETARIO Y ESPECIES

Región	Medianos Propietarios				Pequeños Propietarios				Total
	Pino	Eucaliptos	Otras	Total	Pino	Eucaliptos	Otras	Total	
(ha)									
Coquimbo								257	257
Valparaíso		32		32	22	469		491	523
Metropolitana		260		260		35	25	60	320
O'Higgins	11.172	3.932	13	15.117	4.827	6.733	4	11.564	26.681
Maule	14.493	1.219	13	15.725	26.697	5.797	3	32.497	48.222
Bio Bio	845	1.521		2.366	5.174	8.601	35	13.810	16.176
La Araucanía	111	11		122	301	296	24	621	743
Total	26.621	6.975	26	33.622	37.021	21.931	348	59.300	92.922

(Fuente: INFOR, 2017c)

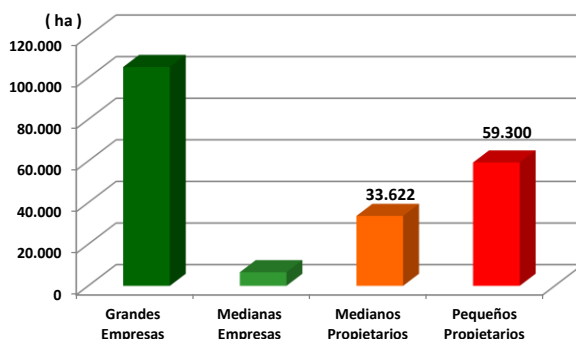


Figura N° 4
SUPERFICIE DE PLANTACIONES QUEMADA SEGÚN TIPO DE PROPIETARIOS

Se mencionó anteriormente que a nivel nacional las superficies quemadas corresponden mayoritariamente a plantaciones de pino (79,9%), pero que hay importantes pérdidas también de plantaciones de eucaliptos (19,6%). En el caso de los pequeños y medianos propietarios la proporción de plantaciones de eucaliptos es mayor (31,1%) (Figura N° 5) dado el creciente interés de estos segmentos de propietarios por estas especies por su menor rotación (13 - 14 años vs los 24 o más años de pino).

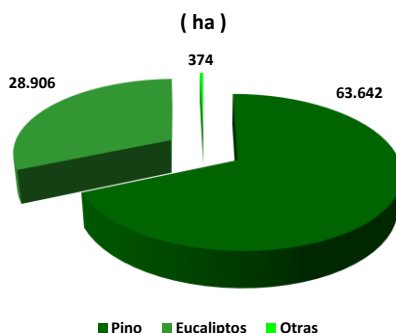


Figura N° 5
SUPERFICIE QUEMADA SEGÚN ESPECIES PEQUEÑOS Y MEDIANOS PROPIETARIOS

OBJETIVOS

Considerando que hay limitaciones para la reforestación de las áreas quemadas de los pequeños y medianos propietarios, dadas por su descapitalización y falta de capacidad financiera, y por una insuficiente rentabilidad privada en especial en sitios de menor calidad, se efectúa un ejercicio de análisis de la viabilidad de incentivos estatales y de rentabilidad para el Estado y particulares para propiciar la reforestación de las áreas afectadas de estos segmentos de propietarios.

Se postula que una combinación de instrumentos públicos, dados por incentivos estatales y créditos de fomento, puede facilitar un proceso a gran escala de reinstalación de las plantaciones perdidas por los pequeños y medianos propietarios, y que este proceso puede tener una rentabilidad positiva e incluso elevada para el Estado.

METODOLOGÍA

El análisis se enfoca en la Región del Maule que es donde los pequeños y medianos propietarios sufrieron las mayores pérdidas de plantaciones; 48.222 ha para la suma de estos segmentos de propietarios y 32.497 ha para el segmento de los pequeños propietarios.

Se calculan flujos monetarios desde la plantación hasta la cosecha para clases de sitio 21 y 14 y rotación de 24 años, incluyendo un raleo a los 8 años para el sitio 21 y dos raleos (6 y 12 años) para el sitio 24, en pino, y para sitio 20 y rotación de 14 años en eucalipto.

Para la evaluación económica se utilizó el cálculo del indicador financiero del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), con tasa de descuento de 5 y 7%, para efectos de evaluar escenarios públicos y privados, respectivamente.

En las proyecciones de crecimiento y rendimientos forestales según índice de sitio se empleó el Modelo Nacional de Simulación (Modelo Nacional de Simulación 2013).

Las referencias de precios y costos fueron obtenidas del Boletín de Precios Forestales (INFOR, 2018).

El enfoque metodológico busca definir:

- a) El máximo valor económico de incentivo estatal o bonificación a la reforestación, factible de recuperar con el IVA y el impuesto de primera categoría recaudados posteriormente.
- b) El monto de incentivo necesario para lograr una rentabilidad privada positiva y aceptable para los propietarios.

Así, la viabilidad del incentivo estatal quedaría establecida si $a) \geq b)$.

Complementariamente se asumen los siguientes supuestos y criterios:

- Como retorno para el Estado se considera el IVA por venta de trozos, madera aserrada y subproductos de aserradero, y el impuesto de primera categoría.
- Sin incentivos del Estado las superficies quemadas de pequeños y medianos propietarios no serán plantadas y no tendrán valor económico por un largo plazo.
- Mantener las superficies en manos de estos segmentos de propietarios tiene un valor político y social.
- Se evalúan dos clases de sitio forestal de nivel medio e inferior, típicos de la región, para pino y eucaliptos.
- Quien reforesta es propietario del suelo y este no tiene renta económica alternativa.
- No se incorporan en la evaluación de los escenarios públicos y privados externalidades positivas, como la captura de C, la protección de suelos aguas, la generación de productos forestales no madereros y otras. Estos beneficios adicionales se analizan en forma complementaria.

Para la determinación de la rentabilidad desde el punto de vista del Estado se analizan los esquemas de flujo graficados en la Figura N° 6.

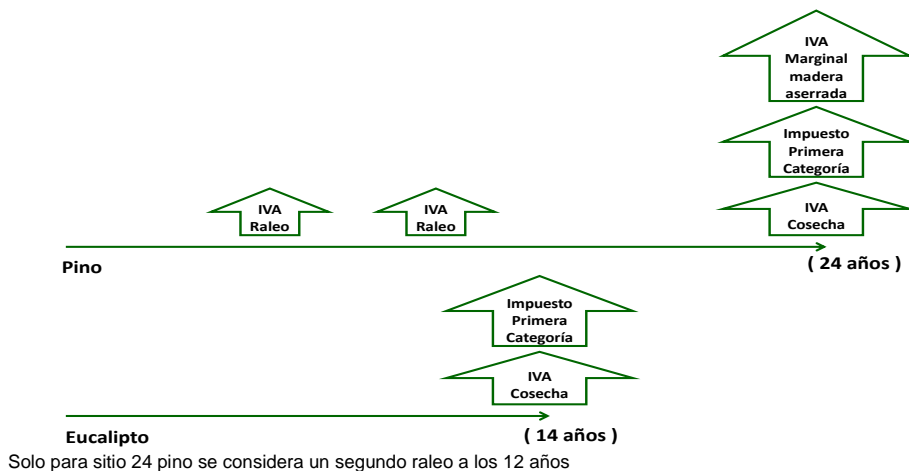
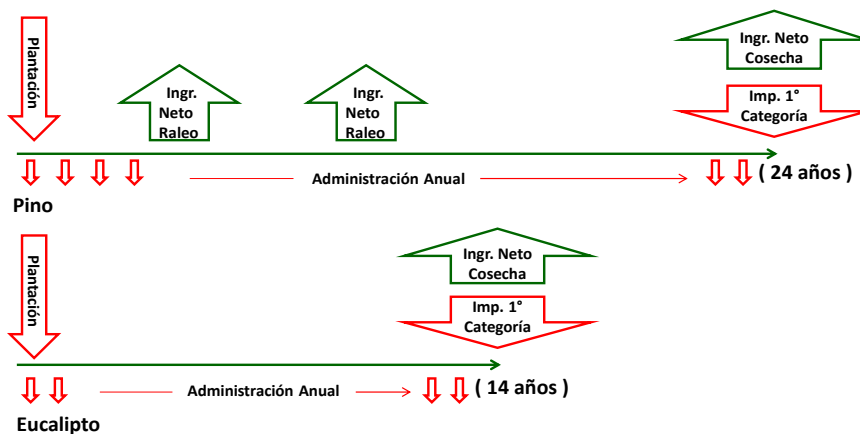


Figura N° 6
ESQUEMAS DE FLUJO PARA EL ESTADO

Para la determinación de la rentabilidad desde el punto de vista de quienes reforesten se analizan los esquemas de flujo graficados en la Figura N° 7.



Solo para sitio 24 pino se considera un segundo raleo a los 12 años

Figura N° 7
ESQUEMAS DE FLUJO PARA LOS REFORESTADORES

Los estándares empleados en los flujos y los rendimientos volumétricos obtenidos se detallan en Apéndice.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los flujos monetarios indican que aún en los peores sitios la recaudación tributaria supera los valores requeridos para financiar el incentivo estatal para la

reforestación de las áreas quemadas, con rentabilidad para el Estado superior al 5% real y también permite asegurar al propietario una TIR de 7% después de impuestos, si se otorgan las bonificaciones necesarias (Cuadro N° 4).

Cuadro N° 4
RESULTADOS DE LOS FLUJOS PARA PINO Y EUCALIPTO

Especie	Sitio	VAN para el Estado (5%)	VAN Privado (7%)	TIR para el Estado si se Compensa VAN Privado Negativo
		(US\$/ha)		(%)
Pino	21	1.236	-923	6,4
	24	2.058	-217	17,6
Eucalipto	20	1.355	-219	19,6

1 US\$ = \$ 640

Por ejemplo, para el pino sitio 21 el Valor Actual Neto (VAN) al 5% de los impuestos para el Estado es de US\$ 1.236 por ha. En tanto, para el forestador privado se tiene un VAN negativo de US\$ 923 por hectárea al 7%. Este valor negativo puede ser compensado por el Estado a través del VAN de los impuestos del proyecto, que es superior. Si el Estado bonifica al privado con 923 US\$/ha, este alcanza una rentabilidad del 7%, y como se destinó para ello una suma inferior al VAN al 5%, la rentabilidad para el Estado alcanza en este ejercicio al 6,4%.

Sin embargo, la rentabilidad privada del 7% puede no ser suficiente para impulsar la plantación en el caso de propietarios descapitalizados por los incendios, ya que el costo de plantación considerado es de 1.583 US\$/ha en este ejercicio; aún después de la bonificación habría una diferencia de 660 US\$/ha por cubrir, pero, considerando que la tasa privada utilizada es de 7%, hay espacio para complementar la bonificación con un crédito de fomento a una tasa comercial recuperable al momento de la cosecha.

OTRAS CONSIDERACIONES: EXTERNALIDADES Y FINANCIAMIENTOS

Valoración Captura de Carbono

Existe un beneficio social adicional y posible financiamiento dado por la captura de carbono. El Ministerio de Desarrollo Social (2017) estimó el precio social de 1 t CO₂ en US\$ 32,5.

Se supone que las plantaciones que se establezcan en el programa propuesto se reforestarán permanentemente después de cada cosecha en el futuro. Si se considera una captura de carbono de 20 tCO₂ anuales a contar del año 6 y durante la rotación de 24 años, valorizada al valor social antes mencionado, y con tasa de descuento del 5%, se tiene un valor social de 6.186 US\$/ha por la captura de carbono, que es superior al valor presente de los flujos de impuestos y es adicional a dicho valor. Esto justificaría por sí solo tomar una acción para fomentar la forestación.

Por otra parte, se podría tener una fuente de recaudación de recursos a través del impuesto verde a las centrales termoeléctricas (5 US\$/tCO₂). Desde el punto de vista ambiental, lo lógico es destinar al menos una fracción de estos recursos a financiar reforestación, que precisamente captura carbono y es una compensación real a la externalidad ambiental negativa. Si se utilizara para reforestación de áreas quemadas de pequeños y medianos propietarios, ofreciendo un *offset* de carbono como alternativa al impuesto, se tendría un VAN (5%) de 947 US\$, suficiente para financiar el incentivo a la reforestación de estas áreas. Destinando un 20% del impuesto verde (8 MMtCO₂) se generaría financiamiento por 40 MMUS\$/año, monto más que suficiente para cubrir los incentivos estatales para reforestar 100.000 ha en 3 años. (Cerda, 2018).

Valoración de la Protección de Suelos

Las plantaciones forestales generan externalidades positivas dadas por procesos de erosión de suelos evitados, impidiendo así la pérdida física de suelos y la consecuente reducción de la fertilidad de estos al quedar descubiertos, sin protección o con escasa vegetación, fenómenos que ocurren en suelos forestales, especialmente en el secano costero e interior de la región del Maule.

Bajo el supuesto que un suelo clasificado como Forestal se encuentra sin cobertura arbórea por 24 años, se genera una pérdida de suelo y fertilidad equivalente a 1,5 a 2 puntos de su actual índice de sitio. Ello equivale a bajar de un sitio 24 para pino a un índice de sitio 21,5 a 22. Valorada esta diferencia en términos marginales, la pérdida para la sociedad actualizada a una tasa del 5%, equivale en promedio a 500 US\$/ha.

Valoración de Productos Forestales No Madereros (PFNM)

Debido a su micorrización las plantaciones de pino radiata generan en forma natural dos hongos de importante valor comercial a nivel internacional que hoy se exportan: boletus (*Suillus luteus*) y latarios (*Latarium deliciosus*). Estas plantaciones generan en promedio 300 kg/ha/año de estos hongos a partir del año 5 y hasta el final de la rotación (24 años). Valorada esta producción a precio de mercado (250 \$/kg) y actualizados los flujos anuales a tasas del 5% en una rotación de 24 años, se obtiene un Valor Actual Neto de 1.460 US\$/ha (Valdebenito y Molina, 2016).

Empleo

Cada 21 ha plantadas se genera en promedio 1 empleo directo y 1,5 indirecto. La reforestación de 100.000 ha puede generar 11.900 empleos, entre la fase silvícola y la industrial. Adicionalmente, la recolección y comercialización de PFNM (hongos) generaría, en base a esta misma superficie proyectada, 3.024 empleos adicionales directos. Se llega así a un total de casi 15 mil empleos

CONCLUSIONES

Las cifras obtenidas indican que sería viable implementar un programa de fomento para la reforestación a gran escala de las superficies quemadas de pequeños y medianos propietarios, y que este programa sería económica y socialmente rentable para los propietarios y para el Estado vía impuestos y externalidades positivas.

Podrían explorarse fuentes de financiamiento adicionales a través de *offsets* de carbono de las centrales termoeléctricas.

Sería conveniente revisar la viabilidad de esta propuesta independientemente de la discusión de la ley que crearía el Servicio Forestal en reemplazo de CONAF y de una eventual futura nueva ley de fomento a la forestación.

Resultaría interesante desde luego revisar este tema en mayor profundidad para la generación de un programa de acción.

REFERENCIAS

Beltrán, Karen, 2013. Superficie Potencial Forestable de las Regiones de O'Higgins a Aysén. Corporación Nacional Forestal. Gerencia Forestal. P. 275.

Cabrera, J y Martin, M., 2013. Disponibilidad de Madera de Plantaciones de Pino Radiata y Eucalipto 2010-2040. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 194. P. 115.

Cerda, Aldo, 2018. Una Propuesta Alternativa para la Reforestación Post-Incendios Forestales. El Impacto de *Offsets* de CO₂ en el Flujo de Beneficios a los Propietarios de Terrenos Forestales. Chile Forest & Timber Council. Programa Estratégico Mesoregional Industria de la Madera, CORFO

INFOR, 2017a. El Sector Forestal Chileno. 2017. The Chilean Forestry Sector 2017. Instituto Forestal, Chile. P. 47.

INFOR, 2017b. Anuario Forestal 2017. Boletín Estadístico N° 159. Instituto Forestal, Chile. P. 175

INFOR, 2017c. Cifras de Superficies de Plantaciones Afectadas por los Incendios Forestales de la Temporada 2016-2017. Informe Interno. Instituto Forestal, Chile. P. 4.

INFOR, 2018. Precios Forestales Junio 2018. Boletín N° 165. Instituto Forestal, Chile. En línea: <https://wef.infor.cl/publicaciones/precios/2018/06/Precios201806.pdf>

Ministerio de Desarrollo Social, 2017. Estimación del Precio Social del CO₂. Santiago, Febrero 2017. División Evaluación Social de Inversiones. Subsecretaría de Evaluación Social, Sistema Nacional de Inversiones

Modelo Nacional de Simulación, 2013. Tablas Auxiliares *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *nitens*. Universidad de Concepción, Arauco, Masisa y Mininco. www.mnssimulacion.cl

Valdebenito, G. y Molina, J., 2016 Modelos de Negocios Sustentables de Recolección, Procesamiento y Comercialización de Productos Forestales No Madereros (PFNM) en Chile. Fundación para la Innovación Agraria FIA - Instituto Forestal. Ministerio de Agricultura.

APÉNDICE

Estándares de Cálculo y Rendimientos Volumétricos Estimados

ESTÁNDARES DE CÁLCULO

Item	Unidades	Valores	
Costo Plantación	(US\$/ha)	1.583	
Costo Cosecha	(US\$/m ³)	12,5	
Costo Administración	(US\$/ha/año)	15	
Costo Raleo 1 sitio 21 Pino	(US\$/ha)	184,6	
Costo Raleo 1 sitio 24 Pino	(US\$/ha)	68,4	
Costo Raleo 2 sitio 24 Pino	(US\$/ha)	663,1	
Rotación Pino	(Años)	24	
Rotación Eucalipto	(Años)	14	
Precio Trozo Aserrable Pino	(US\$/m ³)	45 puesto planta	20 en pie
Precio Trozo Pulvable Pino	(US\$/m ³)	23 puesto planta	4 en pie
Precio Trozo Pulvable Eucalipto	(US\$/m ³)	43,8 puesto planta	18,9 en pie

1 US\$ = \$ 640 IVA = 19% Impuesto primera categoría = 25% Tasa de Descuento: Privado 7%; Estado 5%

El establecimiento de las plantaciones de ambas especies contempla 1250 pl/ha, subsolado, aplicación de gel a las plantas, control de competencia antes y después de la plantación y fertilización inicial.

RENDIMIENTOS VOLUMÉTRICOS

Especie	Sitio	Raleo	Cosecha		
			Pulpa	Aserrable	Total
(m ³ /ha)					
Pino	21	27	80	211	291
	24	97	38	299	337
Eucalipto	20		239		239

RENDIMIENTO Y PRECIOS EN ASERRADERO

Rendimiento		Precio
1 m ³ trozo	0,47 m ³ madera aserrada	149,0 US\$/m ³
	0,25 m ³ astillas	26,3 US\$/m ³
	0,28 m ³ otros productos	-

COMENTARIOS Y CONCLUSIONES SOBRE SEMINARIO REALIZADO POR EL INSTITUTO FORESTAL (INFOR) EN LA REGIÓN DE AYSÉN, CHILE. PRODUCTOS FORESTALES NO MADEREROS (PFNM), UN NUEVO RUBRO PRODUCTIVO PARA AYSÉN. Salinas, J., INFOR Patagonia, Coyhaique jsalinas@infor.cl; Valdebenito, G. INFOR Metropolitana, Santiago gvaldebe@infor.cl; Salas, V. Taller de acción Cultural (TAC) Santiago y Tacón, A. Cooperativa Calahuala, Valdivia.

RESUMEN

Se comentan los trabajos presentados y se entregan las conclusiones del seminario Productos Forestales No Madereros, Un Nuevo Rubro productivo para Aysén, realizado recientemente por el Instituto Forestal (INFOR) en Aysén, Chile.

Este encuentro técnico fue organizado por INFOR sede Patagonia en el marco del cierre del Programa Silvoagropecuario con Modelos Innovadores; Productos Forestales No Madereros (PFNM), que fue financiado por el Gobierno Regional de Aysén.

El objetivo de este seminario fue reunir a recolectores, investigadores y expertos en distintos PFNM de nivel nacional e internacional con diversos trabajos de investigación y ejemplos de agregación de valor y así aportar con su conocimiento y experiencia a continuar consolidando este nuevo rubro productivo de Aysén.

Palabras clave: Productos Forestales No Maderos (PFNM), Región de Aysén

SUMMARY

The Chilean Forestry Institute (INFOR) organized recently at the Aysén Region, Chile, the seminar Non Wood Forest Products (NWFP), A New Productive Item for the Aysén Region, under the framework of the closing ceremony of a research project on the matter carried out by INFOR and financed by the Aysén Regional Government.

Main seminar objective was to get together national and foreign pickers, researchers and experts related to NWFP, with different researches and experiences on getting added value, in order to share knowledge and experience to consolidate this new productive item in the Aysén Region.

Key words: Non Wood Forest Products (NWFP), Aysén Region.

BREVES COMENTARIOS SOBRE LOS TRABAJOS PRESENTADOS

Presentación 1

EL FRUTO DE MI VIDA. Rodrigo Aguirre. Emprendedor de Palena.

El expositor hace una presentación llena de motivación y energía, el nombre de su presentación es muy atingente a su historia de vida, donde el denominador común del relato es el esfuerzo y el empuje. Sufrió un lamentable evento relacionado con el incendio de su emprendimiento y de la casa de sus padres, pero se levantó y salió adelante. Expuso una imagen de su hijo con un ejemplo de impulso para levantarse nuevamente.

Relata sus experiencias de estudios superiores y su apego desde siempre a la rosa mosqueta (*Rosa moschata*), incluso realizó sus tesis de pregrado relacionada con este fruto.

Entrega datos sobre la productividad de recolección de mosqueta en la zona de Palena, de uno 100 a 400 kg/persona/día.

En el logro de su emprendimiento ha tenido apoyo de diferentes organismos, como INDAP, CORFO y la Municipalidad.

Finalmente invita a "luchar por nuestras metas, los sueños son para cumplirlos".

Presentación 2

CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL DEL RUBRO DE PFMN. Gerardo Valdebenito, Investigador de INFOR.

Se comienza planteando un cambio de paradigma, hoy el bosque es mirado desde otra perspectiva y la sociedad demanda otros usos del bosque y de los ecosistemas forestales. El bosque es más que madera.

Se menciona que los PFMN tienen un uso histórico y ancestral que se relacionan con la cultura y la identidad de los territorios.

Se comenta sobre el respeto al conocimiento, el cómo adquieren la información los recolectores, conocimiento que debe ser devuelto a la comunidad o hacerla participe de la ganancia o propiedad.

Se señala que en el ámbito mundial el 80% de la población utiliza PFMN, que son un rubro creciente en el mundo, y que en el ámbito nacional, por la condición aislada de Chile, existen varios productos endémicos. Se agrega que en los PFMN existe un potencial químico y de salud aún bastante desconocido.

En un catastro realizado el año 2014 se identificó un total de 608 PFMN en Chile, desde la Región de Atacama a la Región de Aysén. Se ha determinado también que a nivel nacional cerca de 200.000 personas están vinculadas a la recolección y comercialización de PFMN. En la temporada 2017 las exportaciones de PFMN alcanzaron a US\$ 92 millones y la dimensión del mercado nacional en tanto es aún desconocida.

El expositor muestra tres modelos de comercialización encontrados en Chile. El primero es el tradicional, participa el recolector, el intermediario y el exportador, no se experimenta agregación de valor, se venden productos primarios. El segundo, a través de contratos entre empresas y recolectores, donde existe un trato que beneficia al recolector y, el tercero, es asociativo, los recolectores se organizan y comercializan directamente sus productos.

El principal destino de los PFMN del país es Alemania y los dos principales productos exportados desde son la rosa mosqueta (*Rosa moschata*) y el musgo Pompón (*Sphagnum magellanicum*).

Presentación 3

ASOCIATIVIDAD, DESARROLLO PRODUCTIVO Y CREACIÓN O CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO MODELO DE EMPRESA PARA LOS PFMN. Veronica Salas, Taller de Acción Cultural.

Se plantea como aspecto relevante que la recolección es un oficio y que los recolectores poseen una desprotección total, razón por la que las mesas regionales e instancias de apoyo que conduzcan a hacer más conocido su trabajo y a que se sientan apoyados son de gran importancia.

Se presenta como ejemplo a la Coordinadora Regional de Recolectoras del Bio Bio y cómo este grupo genera confianzas entre sus socias. Han existido innovaciones en procesos y productos que les han permitido a las recolectoras "dar un paso adelante". Se comenta la experiencia y conformación de la Mesa de PFMN del Bio Bio y cómo esta instancia reúne a todos los actores de la cadena productiva, entregándole un rol a cada uno. No obstante, se destaca que

las recolectoras sienten que la recolección no ha sido vista como una actividad productiva estable, ya que se realiza solo en ciertas épocas del año.

La expositora plantea dos modelos de asociatividad:

Poder comprador (negocio): Este modelo provoca un costo fuerte al recolector, ya que es mal pagado, e incluso ha provocado migración del campo a la ciudad por presentar bajos niveles de ingresos. Además, provoca efectos ambientales negativos en el ecosistema, debido a que existe una alta presión por los recursos (mayor volumen significa mayor pago).

Tradición: En este modelo se reconoce el saber acumulado del recolector y se generan buenas prácticas de recolección, ya que hay una relación con la naturaleza. Se reconoce la recolección como un elemento de identidad. El objetivo del modelo es generar fuentes de trabajo que traspasen conocimiento de generación en generación.

Presentación 4

SUSTENTABILIDAD EN LA RECOLECCIÓN DE PFM: UNA MIRADA ASOCIATIVA.

Alberto Tacón, Cooperativa Calahuala.

En esta presentación, al igual que en la anterior, se aborda la importancia de la asociatividad en el rubro de los PFM. Se plantea el concepto de “socioecosistema”; cómo el ser humano es parte del ecosistema y provoca perturbaciones en él y cómo este se adapta a los cambios.

Además, el expositor plantea los principios de los recursos comunes, algo que ha detectado en el rubro de los PFM. Que es estos recursos son compartidos, el uso de estos recursos genera externalidades positivas o negativas que involucran a todos. El manejo requiere la participación de todos.

Comenta una experiencia en la localidad de Lonquimay (Región de la Araucanía) con la recolección del piñón, semilla de araucaria (*Araucaria araucana*), y afirma que en estas comunidades se aplicaban muy bien estos principios antes mencionados.

Destaca el trabajo en la elaboración de manuales de buenas prácticas de recolección para 10 PFM financiado por FIA, trabajo que se desarrolló junto con los recolectores, sumando el conocimiento empírico al conocimiento científico.

Plantea finalmente que existe un análisis profundo del recolector, sin embargo, es necesario conocer y analizar que sucede con la otra parte de la cadena productiva.

Presentación 5

AVANCES DEL PROYECTO FIA CALAFATE (*Berberis microphylla*) REGIÓN DE AYSÉN.

Ivan Moya, Investigador INFOR.

En la presentación se destaca el alto valor nutritivo y funcional que posee el calafate, aspecto que ha elevado el interés de recolectores, procesadores y exportadores de la región por este fruto. Aspectos de dispersión territorial, incremento de demanda y disponibilidad de materias primas para emprendimientos industriales, son factores determinantes que impulsaron el desarrollo de un proyecto de domesticación, el cual está siendo financiado por la Fundación para la Innovación Agraria FIA y ejecutado por INFOR.

Los avances obtenidos dan cuenta de un importante trabajo de selección de ecotipos, representativos de un amplio espectro del territorio de la Región de Aysén, los cuales se encuentran priorizados en base a la concentración de grados ORAC, principal indicador de presencia de antioxidantes. Con este material, se dio inicio al proceso de reproducción vegetativa (multiplicación por estacas), con el objetivo de generar y replicar individuos con esas propiedades,

procedimiento que ha presentado dificultades en la etapa de viverización, situación que el proyecto está abordando en la actualidad.

Presentación 6

MAQUI (*Aristotelia chilensis*): EXPERIENCIAS DE DOMESTICACIÓN EN LA REGIÓN DEL MAULE. Benita González, Investigadora Universidad de Talca.

Maqui es una de las especies con mayor posicionamiento nacional e internacional en la industria de los alimentos funcionales, proceso que hoy se sustenta en base a recolección silvestre del fruto, que es una situación que se visualiza compleja frente al crecimiento sostenido de la demanda de este fruto.

La Universidad de Talca, junto a otros socios tecnológicos, ha desarrollado el modelo de domesticación desde el año 2007, logrando concretar la obtención de 3 variedades de cultivares, los cuales ya están disponibles en el mercado de los viveristas a nivel nacional (Luna Nueva, Morena y Perla Negra). Adicionalmente, existen avances importantes en las especificaciones del manejo agronómico y forestal de las futuras plantaciones, considerando aspectos fitosanitarios, disponibilidad hídrica, heladas y suelos, entre otros aspectos relevantes, como poda y arquitectura del árbol.

Presentación 7

¿ES POSIBLE UNA PRODUCCIÓN ARTIFICIAL DEL MUSGO DE TURBERA POMPÓN (*Sphagnum magellanicum*)? Rubén Carrillo, Docente Universidad de la Frontera.

Las turberas en Chile ocupan más 850.000 hectáreas y cumplen funciones de relevancia en el equilibrio ecosistémico, siendo soporte de la biodiversidad, regulador de los ciclos hidrológicos y sumideros relevantes de carbono. Desde el año 1990 comienza el interés económico por este musgo, siendo hoy el segundo PFNM que se exporta de Chile. Es recolectado por habitantes rurales y su extracción ha generado problemas de sostenibilidad e impacto en el medio donde se desarrolla.

En función de estos antecedentes, se implementó un proyecto de investigación cuyo objetivo busca desarrollar el paquete tecnológico de domesticación del musgo pompón, bajo condiciones controladas de temperatura y régimen hídrico. La investigación se encuentra en etapas de evaluación y consolidación, avanzándose además en estrategias para agregar valor a las materias primas vinculadas a este importante recurso.

Presentación 8

MORCHELA (*Morchella conica*) DE LA PATAGONIA CHILENA: CONOCER EL RECURSO PARA PROMOVER SU CONSERVACIÓN. Ángela Machuca. Investigadora Universidad de Concepción.

Morchela es el segundo hongo de mayor importancia económica en el mundo después de las trufas y Chile posee un enorme potencial en este PFNM, el cual se asocia principalmente a formaciones naturales de bosques de *Nothofagus*.

Es un hongo complejo, muy poco estudiado, no siendo posible aún su domesticación o reproducción bajo ambientes controlados en Chile. Su alta demanda ha generado problemas de sostenibilidad y en muchos casos se asocia la ocurrencia de incendios forestales a la recolección de este hongo, razón por la cual se requiere trabajar en buenas prácticas de recolección.

La región de Aysén posee ventajas comparativas estratégicas en este hongo, al provenir de ecosistemas puros, con bajos niveles de intervención humana. Conocer la diversidad de especies existentes en la Patagonia chilena y sus propiedades nutricionales, puede representar un sello diferenciador para un producto de exportación.

Presentación 9

EXPERIENCIA DE RECOLECTORA DE PFNM DE AYSÉN. Nils Campos, recolectora de la Región de Aysén.

La recolectora introduce en el proceso que ella ha vivido hasta llegar a su situación actual. Sus primeras palabras dan cuenta del estado de tensión que le ha producido subir al escenario, hecho que al mismo tiempo siente como la confirmación de una transformación personal que ha cambiado su vida y mirada hacia el futuro.

Su pasado, cuenta, estuvo determinado por una baja autoimagen, una inseguridad y timidez que le habrían impedido ocupar este lugar. Sin embargo, el trabajo realizado en el proyecto de INFOR y la participación en los nuevos espacios que este le abrió, la fueron liberando progresivamente en la medida en que fue mejorando su autoimagen y fue superando su inseguridad y timidez, es decir en la medida en que fue recuperando su dignidad de persona. Oírla, permite apreciar que siente la necesidad de seguir avanzando, en otras palabras "emprender el vuelo".

Presentación 10

EL CAMINO A LA TRANSFORMACIÓN SOCIAL Y PRODUCTIVA DE RECOLECTORAS DE PFNM. Claudia Gómez, investigadora INFOR Coyhaique.

Se describen las actividades desarrolladas en proyecto reciente y se informa sobre su contenido, la diversidad de territorios donde se trabajó y la forma en que se logró atender a las expectativas y necesidades de los recolectores y recolectoras y a los requisitos institucionales. A través de una excelente descripción, se aprecia el impacto logrado por medio del trabajo social desarrollado en la realización del proyecto, hecho que se ejemplifica en el relato de la presentación anterior sobre el proceso vivido desde que comenzaron hasta su situación actual.

Al mismo tiempo la descripción de la expositora deja ver el gran aporte entregado a las recolectoras desde el punto de vista de la institucionalización de su trabajo de producción y comercialización, hecho fundamental para la construcción de micro empresas estables y sólidas.

Presentación 11

CONSIDERACIONES PARA ESTABLECER UNA POLÍTICA PARA EL MANEJO SUSTENTABLE Y LA PROTECCIÓN DE LOS PFNM. Teresa Agüero, ODEPA.

Se entrega un aporte considerable, ya que existe un gran desconocimiento sobre las vías que permiten abrir un campo de acción que proteja el patrimonio que representa la flora chilena y atienda a la desprotección en que hoy día se encuentran los PFNM. La gran riqueza de la flora y la demanda progresiva de los productos crean una situación de vulnerabilidad peligrosa que hasta el momento ha sido muy difícil de superar, por eso la información aportada en esta presentación y el interés manifestado por la expositora abre muchas expectativas para el trabajo a futuro.

Presentación 12

EXPERIENCIA DE TRABAJO COMUNITARIO CON RECOLECTORES DE PFNM, UNA MIRADA DESDE LA MUNICIPALIDAD DE RÍO IBÁÑEZ. María Paulina Rojas, Municipalidad de Río Ibáñez.

Este relato da cuenta de una actividad que no fue fácil, pues se trataba de abrir un campo de trabajo nuevo al interior de la Municipalidad, sin embargo, se logró que fuera creciendo poco a poco porque respondía a una necesidad real de los recolectores. Estas actividades han tenido una gran relevancia pues nacieron en la Municipalidad, que es el gobierno comunal, y por ello tienen proyecciones muy significativas tanto para el Municipio como para los recolectores. Desde ella pueden organizar actividades como la Fiestas del Calafate y otras, en que articulan diversas organizaciones comunales en torno a un tema con el cual todos se identifican.

Presentación 13

SISTEMA DE ENVASADOS APLICADOS A ALIMENTOS FRESCOS Y PROCESADOS. Romina Abarca, Universidad Austral de Chile.

Se muestra cómo la investigación aplicada al envasado de productos puede potenciar los atributos nutricionales y agregar valor al recurso, al cumplir varias funciones. Por un lado, el uso de materiales adecuados ejerce una función de barrera aislante del ambiente (humedad, temperatura, luz, contaminación) que permite preservar las propiedades químicas y organolépticas del producto. Por otro lado, el embalaje facilita la manipulación y el transporte a lo largo de la cadena de comercialización, reduciendo las pérdidas y optimizando el proceso. Finalmente, el envase también sirve de soporte para entregar información detallada al consumidor acerca de las propiedades y usos del producto, de su origen y características, actuando como un "vendedor silencioso". El envase es el principal soporte para el marketing, permitiendo posicionar la marca o los sellos con los que se quiere diferenciar un producto.

Presentación 14

LOS BENEFICIOS POTENCIALES PARA LA SALUD DEL MAQUI (*Aristotelia chilensis*). Carolina Fredes, Universidad Católica de Chile.

La presentación se orienta a relevar el rol de la investigación en fitoquímica del maqui, como una forma innovadora de agregar valor al producto a través del descubrimiento de nuevas aplicaciones y beneficios potenciales para la salud. Su alto contenido en antioxidantes, de las familias de las antocianinas y polifenoles, permite su uso como colorante natural para alimentos infantiles y también como alimento nutracéutico con importantes propiedades medicinales. Sin embargo, se plantea la necesidad de prestar atención a una buena manipulación del maqui para evitar la pérdida de estos valores nutricionales, destacando la técnica de la liofilización y el encapsulamiento como la forma óptima de procesado.

Ponencia 15

PATAGONIA FUNGI, SENDEROS Y SABORES. Carolina Barroetaveña, Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP), Argentina.

La expositora plantea una estrategia innovadora de agregación de valor a los hongos silvestres, a través de modelos de comercialización innovadores, como el micoturismo y la micogastronomía, y la creación de la marca "Patagonia Fungi", que permite atraer al consumidor final al territorio para que aprecie los atributos territoriales del producto directamente.

Esto permite simplificar las labores de procesamiento, envasado y distribución, acercando al cliente con el recolector, haciéndole parte del proceso mismo de la recolección y el procesamiento para lograr productos de alto valor añadido. Además de los beneficios directos para los recolectores, el modelo plantea una manera distinta de agregar valor al territorio.

CONCLUSIONES

Se releva la necesidad de analizar integralmente la cadena de procesamiento de los PFNM e identificar las oportunidades de innovación para agregar valor a los productos y los territorios, equilibrando los esfuerzos para atender tanto a la investigación básica para descubrir nuevas propiedades y aplicaciones, como a las técnicas de procesamiento y envasado, que permitan mantener y poner en valor los atributos del producto.

De manera similar, es necesario generar modelos de comercialización innovadores, que permitan agregar valor a los territorios y al trabajo de los recolectores, usando para ello herramientas de marketing como las marcas y sellos territoriales.

Se ratifica la estrategia de domesticación en el rubro de los PFNM como mecanismo de sostenibilidad respecto de los recursos que provienen de las formaciones naturales cuando los

procesos económicos escalan productivamente, impulsados por alta demanda de materias primas. El principio es dar de esta manera sostenibilidad futura a procesos productivos que generan impactos significativos en los territorios.

Esta estrategia de domesticación en PFNM no es excluyente con las opciones productivas que existen o puedan existir que generan o generen PFNM provenientes de formaciones boscosas o ecosistemas boscosos naturales, en base a demandas específicas de productos naturales u orgánicos, que responden a mercados altamente especializados o de nicho. En función de ello, es necesario desarrollar investigación y transferir conocimientos que permitan manejar y mejorar la generación de PFNM en formaciones naturales y desarrollar métodos de colecta con criterios de sostenibilidad.

Desarrollar la domesticación, basada en modelos de desarrollo territorial que sean representativos de las realidades locales, que contribuyan no solo en la dimensión económica, sino también en lo social y ambiental. En función de ello, se visualiza la necesidad de construir estrategias de desarrollo regional y planes reguladores respecto del uso que se le quiere dar al territorio para estos fines.

En el sentido indicado, se valora el apoyo del Gobierno Regional de Aysén, que ha vislumbrado que el rubro de los PFNM es un rubro relevante para la región.

Se destaca la necesidad de incorporar en los distintos escalamientos económicos en PFNM el valor de los conocimientos ancestrales y patrimoniales de los territorios y las personas, valorar y reconocer los recursos genéticos y velar por una distribución justa y equitativa de los beneficios que se puedan obtenerse de esos conocimientos y recursos genéticos.

El seminario creó un espacio de intercambio entre diversos mundos, el académico, el de los recolectores y el de otros actores involucrados en el tema, hecho de gran relevancia en tanto crea las condiciones para generar un nuevo saber, un nuevo lenguaje, que nace del diálogo alcanzado entre ellos, y se proyecta en una nueva mirada hacia el futuro.

El conjunto de los trabajos expuestos pone en evidencia una red que está emergiendo entre los investigadores, que descubren las propiedades de los productos que van a enriquecer la alimentación de las comunidades; los recolectores que hacen posible que estas puedan acceder a ellos y así puedan mejorar su alimentación; los compradores que buscan un cambio en sus hábitos alimenticios; y las instituciones que crean normas para que su incorporación sea un aporte a la salud de los ciudadanos.

El espacio creado en el seminario, con diversidad de exposiciones y actores vinculados a los PFNM y la receptividad que existe en los asistentes, evidencia las alianzas y articulaciones que pueden generar el desarrollo de un nuevo rubro productivo en la región.

Es destacable lograr cada vez más espacios para traspasar el conocimiento a las comunidades recolectoras y que los resultados de las investigaciones sean transferidos así a quienes están en los territorios. Reunir a una representante de los recolectores de la Región (Presidenta de un Comité de recolectoras), investigadores, área de Fomento Productivo de un Municipio (Río Ibáñez) y autoridades es una nueva construcción de la transferencia del conocimiento.

Resulta gratificante para INFOR, como institución ligada a la investigación y desarrollo en el ámbito forestal, apreciar a través de las presentaciones y discusiones del seminario que todo esto forma parte de la configuración de un mundo nuevo en que mujeres y hombres establecen una relación diferente con la naturaleza, en la que nace una voluntad de protegerla, una valoración diferente de los alimentos y de su impacto en la vida cotidiana.

En toda actividad de transferencia de INFOR, como este seminario, se distribuye a su término una ficha o encuesta que busca obtener una evaluación de la actividad por parte de los asistentes. La evaluación fue muy positiva, se incluyen a continuación algunos aspectos destacados por ellos:

Agrado mucho que se diera espacio a las recolectoras.
Claridad de los expositores.
Organización excelente, gracias por la invitación.
La claridad de los temas tratados, excelente.
Integración de las instituciones, actores y recolectoras.
Este Seminario ha permitido comprobar la importancia de la asociatividad para lograr el desarrollo en torno a los PFNM y el gran valor del apoyo del INFOR para concretarlo.
Las exposiciones de las universidades, directamente relacionadas con las necesidades de los recolectores.
La voluntad, carisma y disponibilidad de los organizadores con los recolectores.
Todo muy ordenado.
Excelente, nada faltó. Adecuado uso del tiempo.
Los expositores muy buenos.
La importancia de abordar los PFNM y la claridad y calidad de los expositores.
Integración del sector científico-técnico con productores y recolectores de PFNM.
Buen manejo de los temas.
Felicitaciones sigan así.
Estos programas ayudan para aprovechar los recursos de la región.
Muy Interesante, muy linda experiencia.





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

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 Latin, 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 **m³**, metro ruma **mr**; o hectáreas **ha**, toneladas **t**, metros cúbicos por hectárea **m³/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
DESARROLLO Y COSTO DE PRODUCCIÓN DE <i>Pinus ponderosa</i> Dougl. (ex Laws) DURANTE LAS ETAPAS DE VIVERO Y SECANO EN LA PATAGONIA ARGENTINA, EFECTO DE LA SEMILLA, EL SUSTRATO Y EL CONTENEDOR. Sbrancia, R.; Dezzotti, A.; Mortoro, A.; Attis Beltrán, H. y Velásquez, A. Argentina	7
EVALUACIÓN DEL COSTO Y RENDIMIENTO DEL MANEJO BAJO UN CRITERIO SILVOPASTORAL DE UNA PLANTACIÓN DE <i>Pinus ponderosa</i> Douglas ex Lawson EN COYHAIQUE, REGIÓN DE AYSÉN, CHILE. Salinas, Jaime e Inostroza, Patricio. Chile.	25
SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO INICIAL DE SUBESPECIES Y PROCEDENCIAS DE <i>Acacia saligna</i> (Labill.) H.L. Wendl EN EL SECANO DE LA REGIÓN DEL MAULE, CHILE. Gutiérrez, Braulio; Rojas, Patricio y Soto, Hernán. Chile.	41
REGENERACIÓN DE PLANTAS <i>IN VITRO</i> DE <i>Peumus boldus</i> . Mol. (BOLDO) MEDIANTE ORGANOGÉNESIS DE BROTES EPICÓRMICOS DE ÁRBOLES MADUROS. Koch, L. ; González, J.; Benedetti, S. y Molina, M. P. Chile.	47
RESCATE DEL CONOCIMIENTO ANCESTRAL DE UN PATRIMONIO AGROALIMENTARIO Y FORESTAL DE LA REGIÓN DE ATACAMA. VALORACIÓN NUTRICIONAL DEL FRUTO Y ARROPE DE CHAÑAR <i>Geoffroea decorticans</i> (Gill. ex Hook. et Arn.). Gacitúa, S.; González, M.; Muñoz, R.; Villalobos, E. y Montenegro, J. Chile.	75
APUNTES	
REFORESTACIÓN DE PLANTACIONES FORESTALES QUEMADAS ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE APLICACIÓN DE INCENTIVOS ESTATALES Y DE LA RENTABILIDAD PARA EL ESTADO Y PARTICULARES. Raga, Fernando; Valdebenito, Gerardo y Barros, Santiago. Instituto Forestal. Chile.	87
COMENTARIOS Y CONCLUSIONES SOBRE SEMINARIO REALIZADO POR EL INSTITUTO FORESTAL (INFOR) EN LA REGIÓN DE AYSÉN, CHILE. PRODUCTOS FORESTALES NO MADEREROS (PFNM), UN NUEVO RUBRO PRODUCTIVO PARA AYSÉN. Salinas, J., INFOR Patagonia, Coyhaique jsalinas@infor.cl; Valdebenito, G. INFOR Metropolitana, Santiago gvaldebe@infor.cl; Salas, V. Taller de Acción Cultural (TAC) Santiago y Tacón, A. Cooperativa Calahuala, Valdivia.	101
REGLAMENTO DE PUBLICACIÓN	111

