

Volumen 20 N° 1
Abril 2014

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

CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL



**INSTITUTO FORESTAL
CHILE**



INFOR

VOLUMEN 20 N° 1

**CIENCIA E
INVESTIGACION
FORESTAL**

ABRIL 2014

**INSTITUTO FORESTAL
CHILE**

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

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

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

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

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

SOBRE-MEDIDA EN EL LARGO DE TROZAS MÚLTIPLO DE *Eucalyptus nitens* PARA PRODUCIR CHAPAS DEBOBINADAS CALIDAD CLEAR

Dunn, Fernando¹; Valencia, Juan Carlos²; Soto, Luis³ y López, Cristián⁴

RESUMEN

Las crecientes restricciones a la cosecha de bosques nativos tropicales y templados generarán un déficit mundial de oferta de maderas duras para aserrío y tableros, abriendo una oportunidad de mercado para plantaciones de especies latifoliadas, entre las cuales destacan las especies del género *Eucalyptus*. A nivel nacional se suma la menor oferta proyectada de pino radiata.

Países con tradición en el cultivo de eucaliptos para producir fibra, como Brasil, Argentina, Uruguay, Australia, Sudáfrica y Chile, llevan varios años investigando, e incluso en algunos casos aplicando operacionalmente la silvicultura e industrialización de eucaliptos plantados para uso sólido. No obstante, uno de los principales obstáculos para el escalamiento comercial ha sido la existencia de elevados niveles de tensiones de crecimiento en la madera, que se manifiestan como rajaduras en los extremos de las trozas luego de la cosecha y que se acentúan en los procesos posteriores de madereo, transporte y macerado. Esto reduce el rendimiento de productos finales y afecta la eficiencia de la conversión industrial, tanto en el aserrío como en la industria de chapas y tableros.

Las rajaduras de punta de las trozas han sido un factor especialmente restrictivo en el caso chileno, en sus intentos de industrializar plantaciones podadas de la especie *Eucalyptus nitens*, y en particular para la producción de chapas debobinadas para cara de tableros contrachapados, por sus elevadas exigencias respecto a la tolerancia de rajaduras, lo que implica despuntar las trozas previo al debobinado, con la consiguiente pérdida de madera podada.

Teóricamente, una alternativa para mitigar este problema sería enviar desde el bosque trozas de largo múltiplo (TLM) para su trozado inmediatamente antes del debobinado, sin embargo se requiere conocer cuál es la medida de sobre largo (MSL) necesaria para asegurar el abastecimiento de trozas para torno con niveles de rajaduras aceptables, y a su vez conocer la pérdida en volumen que esto significa.

Para conocer cuál debería ser la MSL en TLM, en el año 2012 Forestal Mininco S.A. implementó estudios en temporadas de verano e invierno utilizando una muestra representativa de árboles podados desde un rodal de 19 años de edad, a partir de los cuales se obtuvo un total de 57 TLM podadas de 6,5 m, las cuales fueron transportadas, maceradas, y posteriormente trozadas en largo debobinable (2,6 m) y despuntadas hasta lograr un nivel de rajaduras máximo definido por un índice CSIR ≤ 8 , que se definió como el máximo para producir chapas para caras.

Como resultados, se obtuvo los valores de MSL para ambas temporadas, las magnitudes de despuntes en extremos basal y apical de las TLM, el nivel de pérdidas volumétricas y aprovechamiento, la evolución del índice CSIR durante las etapas del proceso y las relaciones entre las variables longitud de despunte y diámetro de trozas y longitud de trozas e índice CSIR. Se identificó además una buena correlación entre el índice CSIR y el índice Máximo Ancho de la Rajadura (MAR), el cual, previa validación futura, permitiría facilitar la segregación de rollizos usando el MAR.

¹ Forestal Mininco S.A, Chile, fernando.dunn@forestal.cmpc.cl

² Forestal Mininco S.A., Chile, jvalenciab@forestal.cmpc.cl

³ Forestal Mininco S.A., Chile, Luis.Soto@forestal.cmpc.cl

⁴ clopezlan@vtr.net

Se recomienda un rápido proceso de cosecha-transformación, enviar trozas en largos múltiplo con sobre-medida en el largo y un proceso industrial en línea que abarque descortezado, macerado, despunte y trozado de las TLM y debobinado.

Palabras clave: *Eucalyptus nitens*, chapas clear, rajaduras de punta de trozas, largo múltiplo.

SUMMARY

Growing restrictions on timber harvest of tropical and temperate natural forest are determining an increased supply shortage of high quality hardwood logs for sawn timber and veneer production. As a consequence, there is a market opportunity for plantation grown hardwood species such as *Eucalyptus* genus.

Producer countries of Eucalypts plantations for pulpwood production, such as Brazil, Uruguay, Argentina, Australia and Chile, have been researching and also industrializing some of their resource for solid-wood production. Although the occurrence and severity of high levels of growth stress at standing trees, related to the occurrence of log-end splitting after harvest, are particularly relevant in young Eucalypt plantation trees, limiting bigger progress at commercial scale as high levels of log end splits negatively impact on products recovery and processing efficiency.

Growth stress has been particularly restrictive for commercially producing high quality rotary peeler face grade veneer using pruned logs of *Eucalyptus nitens* cultivated in Chile. High quality face veneer allows only low levels of end splits being necessary to cut the log end with severe splits before peeling to satisfy the split allowance. As log end splitting are frequent in both logs ends in *E. nitens*, an alternative to mitigate this problem would be harvest, transport and steam treatment of multiple-length logs (TLM) and then cross cut them into 2.6 m peeler billets. However TLM must to include a magnitude of over-length (MSL) to allow cutting the excessive log end split sections immediately after steam treatment and peeling.

In order to know the MSL necessary to be added to the TLM to produce almost two peeler logs of 2.6 m long into a single TLM, in 2012 Forestal Mininco S.A. undertaken a to stage study – summer and winter - on a 19 year old thinned and pruned *E. nitens* stand in which a total of 57 TLM of 6.5 m long each were harvested to be used as a sample. The 57 TLM were transported and steam treated in a plywood mill, and cross cut in their log-ends when the measured log end split index CSIR was higher than 8, immediately before to be cross cut and processed as 2.6 m peeler logs. The docked log end split section were measured in order to calculate the MSL for each TLM, and related to TLM log end diameter and CSIR.

The steam treatment of peeler log significantly increased the severity of long end splits in comparison to log end splits measured after harvest, being important to optimize the steam treatment schedule for *E. nitens* to minimize excessive losses due to log-end cross cut. Quick TLM deliveries from forest to plywood mill, including into the TLM a MSL, together an improved steam treatment schedules will surely increase the commercial processing viability of plantation-grown *E. nitens* for veneer production in Chile.

Key words: *Eucalyptus nitens*, face grade veneer, log end splitting, multiple log-length.

INTRODUCCIÓN

Las crecientes restricciones a la cosecha de bosques nativos tropicales y templados generarán un déficit mundial de oferta de maderas duras para aserrío y tableros, abriendo una oportunidad de mercado para plantaciones de especies latifoliadas, entre las cuales destacan las especies del género *Eucalyptus*.

Países con tradición en el cultivo de eucaliptos para producir fibra, como Brasil, Argentina, Uruguay, Australia, Sudáfrica y Chile, llevan varios años investigando, e incluso en algunos casos aplicando operacionalmente la silvicultura e industrialización de eucaliptos plantados para uso sólido. No obstante, uno de los principales obstáculos para el escalamiento comercial, ha sido la existencia de elevados niveles de tensiones de crecimiento en la madera que se manifiestan como rajaduras en los extremos de las trozas luego de la cosecha y que se acentúan en los procesos posteriores de madereo, transporte y macerado (Yang and Waugh, 2001). Esto reduce el rendimiento de productos finales y afecta la eficiencia de la conversión industrial, tanto en el aserrío como en la industria de la chapa y tableros (Valencia *et al.*, 2011).

Las rajaduras de punta de las trozas han sido un factor especialmente restrictivo en el caso chileno, en sus intentos de industrializar plantaciones podadas de la especie *Eucalyptus nitens* y, en particular, para la producción de chapas debobinadas para cara de tableros contrachapados, por sus elevadas exigencias respecto a la tolerancia de rajaduras, lo que implica despuntar las trozas previo al debobinado, con la consiguiente pérdida de madera podada (Meneses, 2011).

Teóricamente, una alternativa para mitigar este problema sería enviar desde el bosque trozas de largo múltiplo (TLM) para su trozado inmediatamente antes del debobinado, sin embargo se requiere conocer cuál es la medida de sobre largo (MSL) necesaria para asegurar el abastecimiento de trozas para torno con niveles de rajaduras aceptables y, a su vez, conocer la pérdida que esto significa en el valor.

Teniendo en cuenta experiencias anteriores en el sentido de que los trozos son más sensibles a presentar rajaduras en sus extremos cuando se cosechan en verano que en invierno, se realizaron dos estudios, uno con trozos múltiples cosechados en marzo y el otro en agosto de 2012.

OBJETIVOS

Determinar la magnitud del sobre largo (MSL) que es necesario otorgar a trozas podadas de *E. nitens*, producto de la incidencia de las rajaduras de punta de troza, para obtener chapas de debobinado aptas para caras de tableros contrachapados.

Determinar el porcentaje de aprovechamiento volumétrico de las trozas podadas en la producción de chapas aptas para caras de tableros.

Determinar el nivel de avance de las rajaduras de los trozos de largo múltiplo (TLM) en distintas etapas del proceso industrial.

Las variables principales a cuantificar en este estudio son el largo individual y sumado de las secciones del extremo basal y apical de cada troza, que se deben eliminar antes del proceso de debobinado, en función de un nivel determinado de rajaduras que se considera aceptable para el proceso/producto a generar (índice CSIR máximo 8)⁵

⁵ Índice CSIR, desarrollado en Sudáfrica para eucaliptos, expresa la severidad de las rajaduras, incluyendo en su cálculo la ponderación del número, largo y ancho de las rajaduras existentes, a mayor índice mayor severidad (Meneses 2011).

El presente estudio reporta los resultados del sobre largo para un total de 37 TLM tomadas como muestra de temporada de verano y 20 TLM de invierno, todas de 6,5 m de largo cada una, cosechadas y procesadas en marzo y agosto de 2012, respectivamente.

MATERIAL Y MÉTODO

Selección y Cosecha de Árboles y Generación de Trozas Múltiplo (TLM)

Para la obtención de la muestra se eligió un rodal de *Eucalyptus nitens* de 19 años de edad, creciendo sobre suelo de trumaos de la precordillera andina, ubicado en el fundo Rucamanqui, Comuna de Tucapel, Provincia de Ñuble, Región del Bio Bio. La semilla que dio origen a este bosque, procedió de la zona de *Toorong Plateau*, Victoria Central, Australia.

El rodal seleccionado fue podado y raleado oportunamente con esquemas aptos para la generación de madera libre de nudos. A la fecha de obtención de las muestras habían aproximadamente 400 árboles/ha, con poda hasta 6,5 m de altura, aproximadamente.

Los árboles se seleccionaron a modo de raleo. Se eligieron 40 para la muestra de verano, cubriendo diámetros de TLM de 24 cm y más. Estos se redujeron a 20 en el caso de la muestra de invierno, basados en experiencia del estudio previo, respecto de la falta de relación entre largo de despunte y diámetro de trozos. A todos los árboles seleccionados se les midió y registró el DAP. De esta manera se obtuvo 40 y 20 TLM, respectivamente, de 6,5 m de largo.

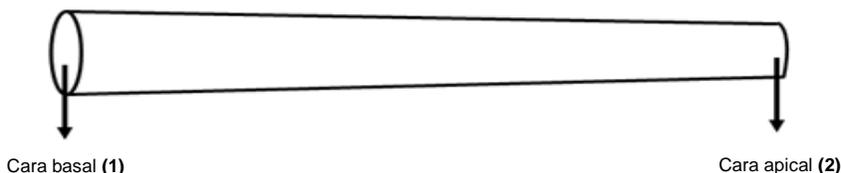


Figura N° 1
TROZA LARGO MÚLTIPLO (TLM)

Se consideró dicha longitud de TLM con el propósito de que en el mejor de los casos, sin necesidad de despunte, permitiera obtener para debobinado: 2 trozos de 2,6 m (*long grain*) y un trozo de 1,3 m de largo (*short grain*). En su defecto, obtener al menos 2 trozas de 2,6 m y una sobre-medida de 1,3 m para despunte, considerando la suma de ambas caras, basal y apical de la TLM (Figura N° 1).

En los Cuadros N° 1 y N° 2 se muestra los datos descriptivos de los árboles seleccionados y de los trozos múltiples obtenidos de estos.

Tanto el volteo como el trozado fueron realizados con motosierra (Figura N° 2). Posterior al trozado, cada TLM fue debidamente identificada (número de árbol e identificación de la base y ápice). Posteriormente las TLM fueron trasladadas con bueyes hasta orilla de camino (Figura N° 2), lugar donde se procedió al descortezado en forma manual (Figura N° 3).

Luego se aplicó sellante con brocha en los extremos con el objeto de aminorar el ritmo de pérdida de humedad y por consiguiente, minimizar severidad de rajaduras en extremos. Al mismo

tiempo se midieron diámetros, el CSIR y el máximo ancho de rajadura (MAR) en extremos basal y apical de todas las TLM. A esto se denominó Momento 1 de medición (M1).

Cuadro N° 1
DESCRIPCIÓN ÁRBOLES SELECCIONADOS Y TLM
OBTENIDAS COMO MUESTRA DE VERANO

Variable	Media	Mínimo	Máximo	DS
DAP árboles (cm)	37,0	29,5	44,1	4,4
N°árboles y trozas	40			
Largo troza (m)	6,5	6,5	6,5	0
LED troza (cm)	37,8	31,3	45,4	4,1
SED troza (cm)	31,4	25,0	37,5	4,0
SED JAS troza (cm)	30	24	36	4,0
Volumen (m ³ ssc)	0,641	0,400	0,876	0,161

LED: Diámetro troza en su punta gruesa

SED: Diámetro de la troza en su punta delgada.

DS: Desviación Estándar

Cuadro N° 2
DESCRIPCIÓN ÁRBOLES SELECCIONADOS Y TLM
OBTENIDOS COMO MUESTRA DE INVIERNO

Variable	Media	Mínimo	Máximo	DS
DAP árboles (cm)	39,8	35,3	47,1	3,6
LED troza (cm)	40,0	36,4	46,2	2,9
SED troza (cm)	33,5	30,2	38,7	2,7
SED JAS troza (cm)	32,7	30,0	38,0	2,6
Volumen (m ³ ssc)	0,742	0,625	0,989	0,117

LED: Diámetro troza en su punta gruesa

SED: Diámetro de la troza en su punta delgada.

DS: Desviación Estándar



Figura N°2
FAENAS EN BOSQUE. VOLTEO, TROZADO TLM Y MADREO

El transporte de las TLM al lugar del ensayo, Planta de Paneles Angol, se efectuó mediante camión con carro auto cargable, dentro de las 24 horas siguientes al volteo de los árboles en el caso del estudio de verano y dentro de las 12 horas siguientes a éste, en el caso del estudio de invierno.



Figura N° 3
TLM DESCORTEZADOS E IDENTIFICADOS EN BOSQUE

En el caso del estudio de verano, una vez en la planta de debobinado de Paneles Angol, los trozos se descargaron a piso del patio, con un tractor trineumático. Luego y solo para la muestra de verano, se procedió a la medición y registro del CSIR y MAR pre-macerado (Momento 2 = M2). A continuación la misma máquina los puso sobre carros para ingresar a la cámara de macerado.

En el caso del estudio de invierno el M2 se saltó, en consideración a los resultados obtenidos en el estudio de verano, de manera que los TLM se descargaron del camión directamente sobre los carros para el macerado y prontamente fueron introducidos a la cámara.

Macerado

En el caso del estudio de verano, el macerado de las TLM se realizó según programa industrial de la planta de Paneles Angol, considerando 12 horas de macerado en vapor. Este se efectuó durante la noche y se detectaron deficiencias en el control del mismo.

En el caso del estudio de invierno se respetó un programa de macerado diseñado por el Jefe de Planta. Este consideró 10,5 h según el esquema de la Figura N° 4.

En cuanto se sacó los TLM de la cámara de secado, estos fueron tendidos sobre rollizos y tapados con una carpa para aminorar el ritmo de rajaduras durante el tiempo de despunte y trozado. Luego a medida que los sacaba para despunte y trozado, para la muestra de verano, se les medía el CSIR y MAR en ambos extremos (Momento 3 = M3) (Figura N°5).

Los primeros tres TLM sirvieron para probar el protocolo de despunte. La cantidad de TLM a despuntar y su volumen según clase diamétrica en el estudio de verano y de invierno fue de 37 y de 20, respectivamente (Cuadros N° 3 y N°4).

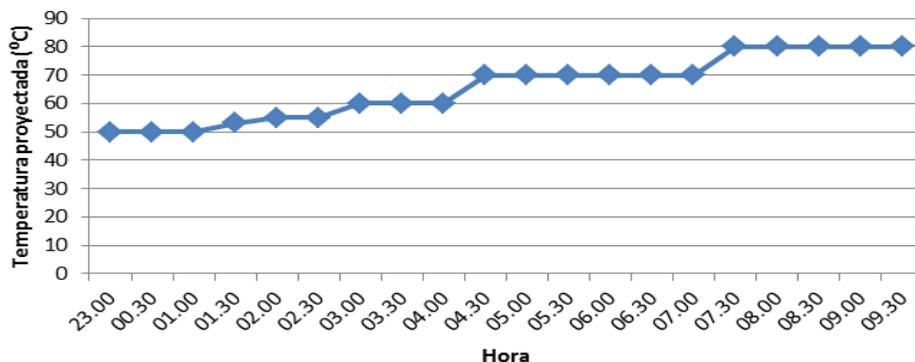


Figura N°4
PROGRAMA DE MACERADO APLICADO

Cuadro N° 3
CANTIDAD DE TLM ESTUDIO VERANO Y VOLUMEN
SEGÚN CLASE DIAMÉTRICA

SED (cm)	Trozos (N°)	Volumen JAS (m ³ ssc)
24	5	2,00
26	5	2,33
28	5	2,69
30	6	4,31
32	4	3,49
34	6	4,70
36	6	6,13
Total	37	25,65

Cuadro N° 4
CANTIDAD DE TLM ESTUDIO INVIERNO Y VOLUMEN
SEGÚN CLASE DIAMÉTRICA

SED (cm)	Trozos (N°)	Volumen JAS (m ³ ssc)
30	7	4,373
32	5	3,539
34	3	2,389
36	4	3,559
38	1	0,989
Total	20	14,849

Despunte y Trozado

El despunte y trozado se efectuó con motosierra, empezando los cortes por el extremo basal de la TLM, cortando al final de la rajadura observada en la periferia de cada TLM, e identificando los despuntes (Figura N° 5). Luego, se procedió al trozado a 2,6 m de largo, para

generar una troza basal para torno. Si se evidenciaba rajadura mayor a CSIR 8 en la cara apical de la troza basal, se procedía al despunte hasta lograr dicho objetivo (Figura N° 6). Si el largo residual de la troza basal después del despunte era inferior o superior a 2,6 m, se procedía a eliminar la sección sobrante.

El mismo procedimiento anterior se siguió con la siguiente sección de 2,6 m, para generar una troza apical de dicho largo.

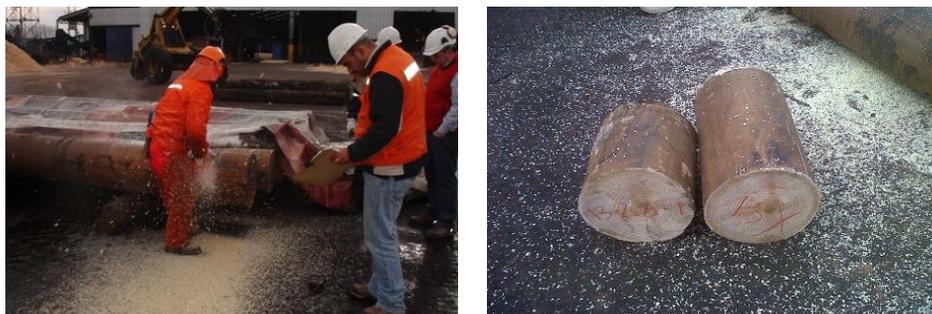
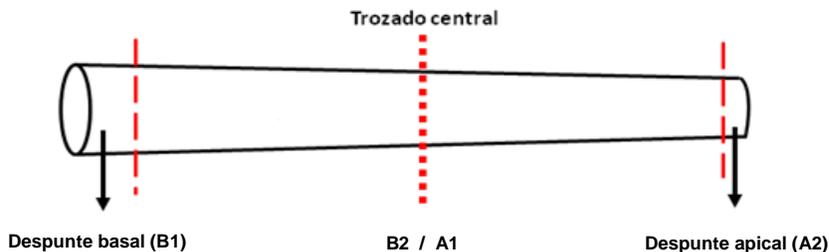


Figura N° 5
DESPUNTE DE TROZAS E IDENTIFICACIÓN DE DESPUNTES



- B1** = troza basal, cara basal
- B2** = troza basal, cara apical
- A1** = troza apical, cara basal
- A2** = troza apical, cara apical.

Figura N° 6
TROZA BASAL Y TROZA APICAL

En el caso de las TLM que no requirieron despunte, se procedió a confeccionar una tercera troza para torno de 1,3 m de largo desde la sección apical de la TLM. Se midió y registró: el largo y diámetro de las trozas basales y apicales finales y de las secciones descartadas, para posteriormente proceder a las cubricaciones respectivas.

Cabe señalar que una troza de la muestra de invierno se dejó fuera de los análisis por arrojar un valor muy fuera de rango.

RESULTADOS

Magnitud del Sobrelargo de Trozas múltiples TLM

En el 100% de las TLM muestras de verano fue necesario efectuar algún despunte. Un 89% de ellas fueron despuntadas en su base y un 97% en su ápice. En el centro de la troza no fue necesario despuntar, pues los cortes no presentaron rajaduras con CSIR mayor a 8.

En la muestra de invierno, en un 70% de las TLM fue necesario el despunte. Del total de esta muestra, un 60% requirió despunte basal y un 55% despunte apical. En el centro de la TLM fue necesario despuntar 2 trozas, lo cual equivalió a un 10% de la muestra (Figura N° 7). En la misma figura se aprecia que en la muestra de verano hubo que despuntar el 89% de las TLM en su base en comparación con el 60% de las de invierno, y en su ápice hubo que despuntar un 97% de la muestra de verano y un 55% de las de invierno.

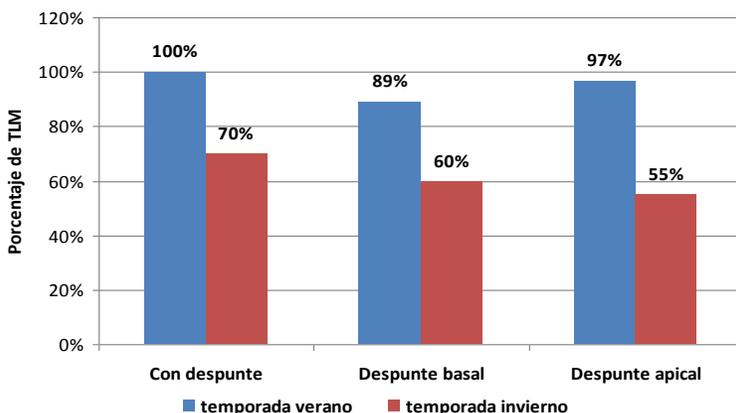


Figura N° 7
PORCENTAJE DE TLM DESPUNTADAS
SEGÚN TEMPORADA ESTUDIADA Y UBICACIÓN DEL DESPUNTE

Las cifras señaladas confirman que en cuanto a cantidad de TLM afectadas por rajaduras en sus extremos es bastante mayor el problema de rajaduras de las trozas de temporada de verano que de invierno. Sin embargo, en el centro de estas el problema es menor, resultando en los ensayos realizados solo secciones centrales de TLM de invierno (10%) con índice CSIR mayor a 8. Esto se atribuye a excesivas tensiones en algunas trozas, condición que podría ocurrir en cualquiera época del año con esta especie.

Cabe señalar que se puede aminorar las rajaduras del centro de la troza por la vía de un proceso de trozado industrial en línea, tendiente a minimizar el tiempo de exposición de las trozas a la intemperie. Además, se debe tener en cuenta que el proceso del estudio de invierno fue más corto y mejor controlado, lo cual debe haber contribuido a lograr mejores resultados en esta temporada.

- Sección Basal de Trozas Múltiple TLM

En la Figura N° 8 se observa que mientras en temporada de invierno, un 40% de las TLM no sufrieron despunte en su sección basal, en las de verano estas fueron solo el 11%. La longitud

promedio de los despuntes basales de las TLM en que fue necesario despuntar alcanzó a 34 cm en la temporada de verano y a 29 cm en la de invierno. El rango que estos alcanzaron fue de 13 a 95 cm en temporada de verano y de 7 a 63 cm en invierno.

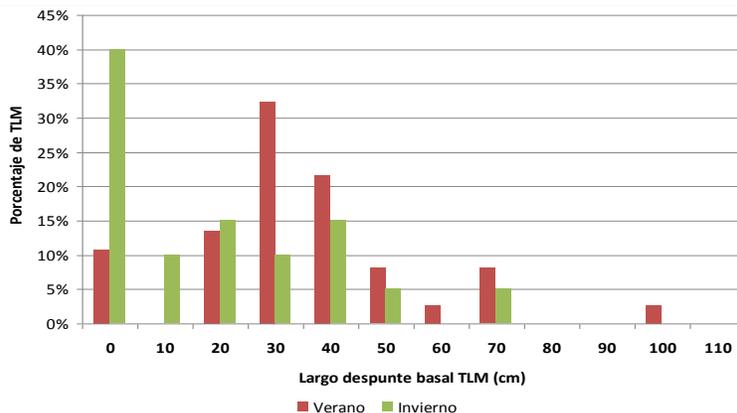


Figura N° 8
DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA PORCENTUAL DE TLM EN SECCIÓN BASAL
SEGÚN LARGO DE DESPUNTE APLICADO EN VERANO E INVIERNO

- **Sección Apical de Trozas Múltiple (TLM)**

En la Figura N° 9 se observa que mientras en la temporada de invierno un 45% de las TLM no necesitaron despunte en su sección apical, en la de verano solo un 3% no necesitó de esta práctica. La longitud promedio de los despuntes apicales de las TLM en que fue necesario despuntar alcanzó a 54 cm en temporada de verano y a 32 cm en temporada de invierno. El rango de estas fue de 21 a 139 cm en verano y de 20 a 61 cm en invierno.

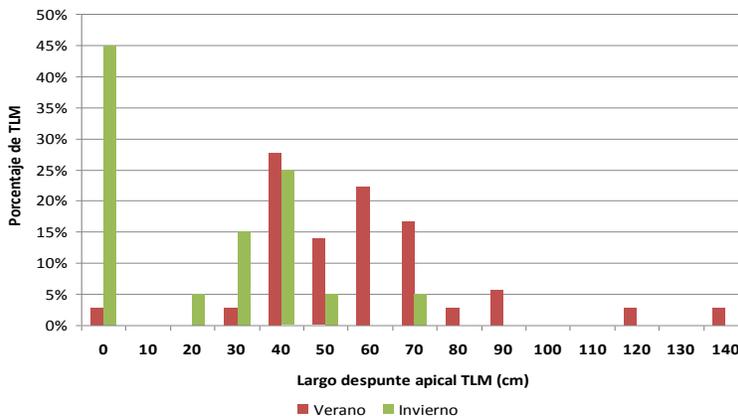


Figura N° 9
DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA PORCENTUAL DE TLM EN SECCIÓN APICAL
SEGÚN LARGO DE DESPUNTE APLICADO EN VERANO E INVIERNO

- Suma de Despunte de Secciones Basal y Apical

En verano, la suma de las longitudes de despunte basal y apical para las TLM que hubo que despuntar fue de 88 cm en promedio, mientras que en invierno esta cifra fue de 61 cm, afectando en este último caso al 70% de las TLM.

En la Figura N° 10 se muestra las frecuencias parcial y acumulada del número de TLM según la longitud de despunte total considerando ambas secciones, basal y apical. Se aprecia la diferencia entre ambas temporadas, siendo la temporada de invierno significativamente menos severa en términos de la magnitud del despunte requerido para lograr un CSIR máximo de 8. Por ejemplo, en la temporada de invierno, el 35% de las TLM experimentó, a nivel individual, un largo de despunte superior a los 60 cm, mientras que en la temporada de verano dicho porcentaje fue de un 70% de las TLM, vale decir el doble.

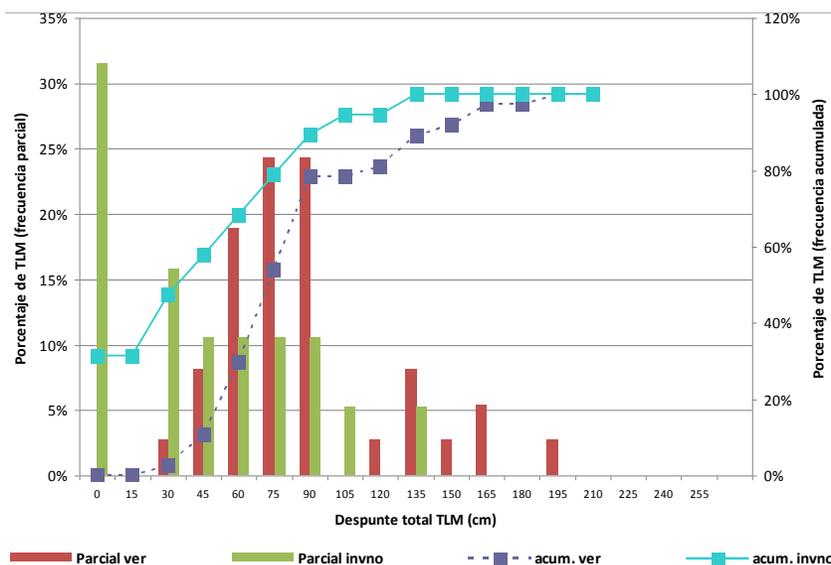


Figura N° 10
DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA PARCIAL Y ACUMULADA DE CANTIDAD DE TLM
SEGÚN LARGO DE DESPUNTE EN TEMPORADA DE VERANO Y DE INVIERNO

Se aprecia también en la figura que de las TLM aproximadamente un 80% en verano y un 85% en invierno necesitarían un sobrelargo no superior a 90 cm para obtener 2 trozas debobinables de 2,6 m de largo aptas para caras, de cada una de estas.

Si se consideran TLM podadas de 6,5 m de largo, de acuerdo a los resultados de la muestra de verano, del 86 % de estas se generarían 2 trozas debobinables de 2,6 m de largo. En el caso de temporada de invierno, esta cifra ascendería a 90%.

Todas las cifras antes señaladas indican que el abastecimiento con trozas múltiplo en invierno sería notablemente más favorable que en verano, pues permitiría operar con una menor sobredimensión en el largo de las TLM. Sin embargo, un proceso más rápido y más adecuado

desde el bosque hasta el trozado en planta debería mejorar en forma importante los resultados en términos de la cantidad de trozas a despuntar y de la longitud de los despuntes, en especial en verano.

También se debe considerar que los despuntes basales, tanto en verano (34 cm en promedio) como en invierno (29 cm), resultaron menores que los apicales (54 cm en verano y 32 cm en invierno).

Este resultado es favorable bajo dos aspectos. La sección más gruesa a eliminar mediante el despunte es la más corta (menor volumen de pérdida) y la sobredimensión apical se puede manejar de manera que esta provenga de un tramo no podado del árbol, minimizando el valor de la pérdida, e incluso dándole una magnitud tal, que permita obtener una troza debobinable de calidad apta para chapas interiores de tableros.

Pérdida Volumétrica por Despuntes

El porcentaje promedio de pérdidas volumétricas por despunte de TLM podadas para láminas de caras fue de 13,2% (rango de 4 – 29%) para temporada de verano y 8,4% (rango de 0 – 21%) para la de invierno. Esto equivale a que el 86,8% en verano y el 91,6% en invierno del volumen de la TLM de 6,5 m de largo podría ser aprovechado para debobinar.

En la Figura N° 11 se muestra la distribución de frecuencia de dichas pérdidas. Se observa por ejemplo que en temporada de verano un 78% de las TLM tuvieron entre 5 y 15% de volumen de despunte. En invierno en tanto el 90% de las TLM sufrió 15% y menos de volumen de despunte, incluso un 30% de ellas no sufrió pérdidas debido a éste.

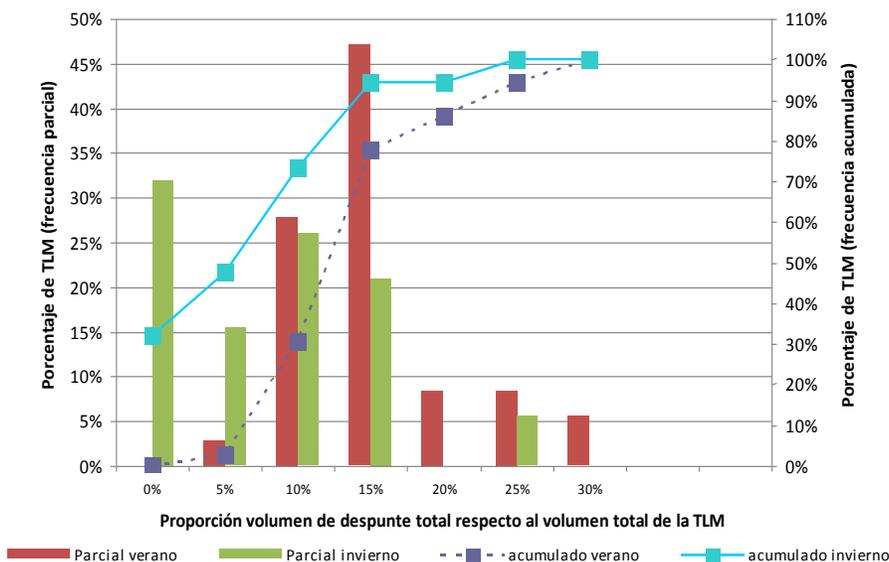


Figura N° 11
DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA PARCIAL Y ACUMULADA DE CANTIDAD DE TLM
SEGÚN PORCENTAJE VOLUMEN DE DESPUNTE EN TEMPORADA DE VERANO Y DE INVIERNO

Además de mediante las mejoras posibles y necesarias del proceso entre el bosque y el trozado en planta industrial, las pérdidas volumétricas podrían reducirse si se maneja el sobrelargo apical de la TLM, de manera que este afecte básicamente a la sección no podada de los árboles, permitiendo incluso que esta sea aprovechada en un 100% para chapas de interior de tableros, aspecto que será materia de estudio futuro.

Relación Diámetro de Trozas Múltiple con la Magnitud del Despunte

En la Figura N° 12 se muestra la relación entre el diámetro menor (SED) y el largo total de despunte de la TLM, para la muestra de la temporada de verano y la de invierno. Se observa claramente que no hay relación entre dichas variables. Esto significa que la magnitud de la rajadura de los extremos de los trozas sobre CSIR 8, no está relacionada con el SED de estas. Cabe señalar que este mismo análisis se efectuó para el DAP de los árboles seleccionados y el diámetro mayor (basal) de las TLM, en relación al despunte, no encontrándose correlación entre ellas.

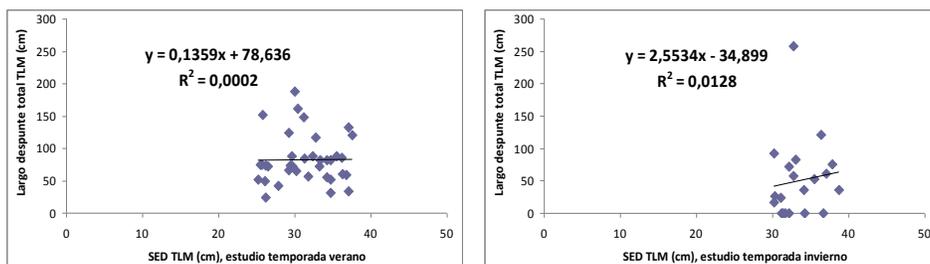


Figura N° 12
RELACIÓN SED CON LONGITUD DE DESPUNTE MUESTRA DE TLM
TEMPORADA DE VERANO Y DE INVIERNO

Evolución del Índice CSIR

Con la muestra de verano se estudió la variación del índice CSIR en el tiempo en los extremos basal y apical de las TLM, vale decir en 3 momentos: M1: en bosque (pos trozado), M2: pre macerado en planta industrial y M3: pos macerado en planta industrial. En la Figura N° 13 se muestra los resultados de las mediciones de dicho índice. Se aprecia un notable aumento de las rajaduras en la medida que pasa el tiempo, en especial después del macerado.

Por otra parte, se aprecia que la cara apical de la TLM es la que más se afecta. Se recuerda que el proceso de macerado de esta muestra de trozas tuvo problemas de control, lo cual le agregó una condición indeseada a la primera muestra, en verano, situación que fue mejorada para la de invierno.

Cabe agregar que el 81% de las TLM registró un CSIR igual o inferior a 8 cuando fue medido en el bosque (M1). Este porcentaje disminuyó a un 62% en M2 (premacerado) y a un 8% en M3 (inmediatamente después del macerado), incluso al momento de realizar el despunte se redujo a 0%, pues fue necesario despuntar todas las TLM por no cumplir con la restricción de CSIR 8 impuesta en este estudio para obtener trozas debobinables aptas para caras de tableros contrachapados.

Esto es un indicador claro de la importancia de un proceso rápido y bien controlado desde la cosecha hasta el debobinado para una especie tan sensible a rajarse en los extremos de los rollizos.

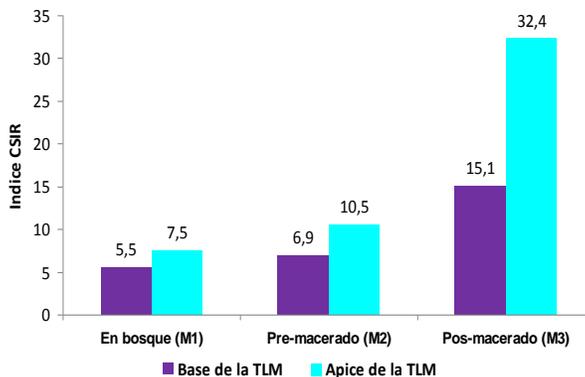


Figura N° 13
EVOLUCIÓN ÍNDICE CSIR CARAS BASAL Y APICAL DE TLM
EN 3 MOMENTOS DE MEDICIÓN MUESTRAS DE VERANO

Relación Índice CSIR e Índice MAR

Adicionalmente a la medición del índice CSIR, en el presente trabajo se propuso estudiar como índice de rajadura alternativo el índice MAR. Este, medido después del macerado (M3), registró una excelente correlación con el CSIR, tal como demuestra la Figura N° 14. Utilizando la regresión ajustada entre ambas variables, se determinó que un índice CSIR de 8 equivale a un MAR de 3 mm, es decir TLM con un MAR de 3 mm o menor se pueden procesar para producir chapas para cara.

La ventaja del MAR respecto al CSIR es su facilidad de uso a escala operacional, por su rápida medición y comprensión, siendo una contribución relevante del presente estudio y que se recomienda continuar explorando en futuros trabajos con esta especie y otras.

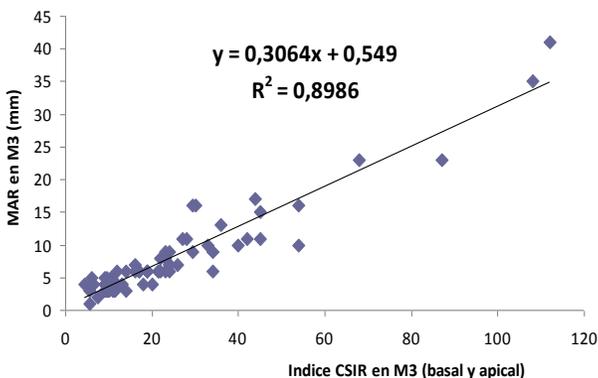


FIGURA N° 14
RELACION ÍNDICE CSIR E INDICE MAR DE LAS TLM MEDIDO
AMBAS CARAS MUESTRAS DE VERANO

CONCLUSIONES

Se confirma la importancia de usar trozas de largo múltiplo (TLM) de *Eucalyptus nitens* y la necesidad de despuntar al menos la gran mayoría de estas (100% en verano y 70% en invierno), con el fin de producir chapas para caras de tableros contrachapados en usos de apariencia.

En promedio, se necesitaría un sobre largo de 88 cm en verano y de 61 cm en invierno, para obtener dos trozas debobinables de 2,6 m, con el propósito señalado, a partir de una troza múltiplo de 6,5 m de largo. Esta sobredimensión permitiría obtener 2 trozas podadas del 86% de las TLM en verano y del 90% de estas en invierno. Si se desea que esta proporción sea mayor, se requeriría un mayor sobrelargo, debiendo ser este de hasta 2 m en verano y 1,30 m en invierno para garantizar que el 100% de las TLM proporcionen 2 trozas debobinables de 2,6 m.

La magnitud del despunte basal fue en promedio de 34 cm en verano y de 29 cm en invierno, resultando ser menor que el apical de las TLM, con valores de 54 y 32 cm en promedio, respectivamente. Además este fue mayor en la muestra de verano que en la de invierno.

En general no se requirió efectuar despuntes en las secciones centrales de las TLM, debido a que el debobinado se realizó inmediatamente después del trozado, lo que hace recomendable considerar un proceso en línea para el trozado de las TLM.

Las pérdidas de volumen por efecto de los despuntes fue en promedio de 13,2% en verano y de 8,4% en invierno. Esto equivale a un 87 y 92% de aprovechamiento volumétrico de las TLM en verano y en invierno, respectivamente.

Las rajaduras de punta de trozas aumentaron considerablemente desde la cosecha hasta el trozado pre-debobinado, variando el índice CSIR en promedio en la sección basal de las TLM de 5,5 a 15,5 entre la medición en bosque y la de después del macerado. Esto indica la necesidad de un proceso lo más rápido posible entre la cosecha y el debobinado.

El diámetro de las trozas no se correlacionó con la longitud de los despuntes.

Se obtuvo una excelente correlación entre el índice CSIR y el máximo ancho de rajadura (MAR), indicador que a futuro se recomienda validar, pues operacional presenta ventajas en cuanto a su simpleza y rapidez para segregar rollizos.

Los resultados obtenidos en este estudio permitirán identificar la necesidad de:

- Un proceso rápido y adecuado desde la cosecha hasta el debobinado.
- El uso de trozas de largo múltiplo (TLM), que incluyan en la sobre-medida, una fracción sin poda en el extremo apical de esta, para maximizar el aprovechamiento de la madera *clear*.
- Un proceso industrial en línea que incluya descortezado, macerado, despunte de TLM, trozado de estas a largo debobinable y debobinado inmediato.

REFERENCIAS

Meneses, M., 2011. Calidad trozas, aserrío y secado de *E. nitens*. Primer Seminario Regional INFOR, CORMA y PIT Nitens. Presentación. 44pp.

Valencia, J. C.; Harwood, C.; Washusen, R.; Morrow, A.; Wood, M.; Volker, P., 2011. Longitudinal growth strain as a log and wood quality predictor for plantation-grown *Eucalyptus nitens* sawlogs Wood Sci. Technol. 45 (1):15-34.

Yang, J.; Waugh, G., 2001. Growth stress, its measurement and effects. Australian Forestry 64(2):127-135.

RESPUESTAS FISIOLÓGICAS, RESISTENCIA AL ESTRÉS Y CRECIMIENTO DE PLANTAS DE *Eucalyptus globulus* Y *Eucalyptus grandis* MODIFICADOS POR POTASIO BAJO CONDICIONES DE SEQUÍA

Guarnaschelli, Ana B.⁶, Chiavassa, Juan A.¹ y Garau, Ana M.¹

RESUMEN

Las sequías y las heladas son los factores de estrés que más comprometen la fisiología y el crecimiento de las plantas forestales, el estrés hídrico y las bajas temperaturas luego de la plantación, ocasionan serios daños y afectan el comportamiento de las plantas durante el establecimiento. Desafortunadamente, en los escenarios de cambio climático se predice que la influencia de tales eventos se incrementará, lo cual supone un gran desafío para la producción forestal.

Algunas prácticas de vivero pueden minimizar los efectos negativos de las condiciones de sequía y bajas temperaturas, y mejorar el comportamiento de las plantas luego de la plantación. Por ejemplo, la fertilización potásica durante el período de rusticación en vivero resulta importante para la nutrición de la planta y también cumple un rol relevante aliviando el estrés. Sin embargo, es necesario generar aún más información sobre la influencia de estas prácticas en especies de *Eucalyptus* y sobre cómo podrían ayudar en la superación de estas restricciones ambientales.

Con el objetivo de evaluar algunas respuestas fisiológicas, resistencia al estrés y crecimiento de plantas de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus grandis*, se las sometió a diferentes regímenes de riego y niveles de fertilización potásica. Las plantas control (C) se regaron diariamente, mientras que las moderadamente estresadas (S1) y las severamente estresadas (S2) se regaron cada seis y nueve días, respectivamente. En cada nivel de riego, la mitad de las plantas recibió fertilización potásica (K1) y las restantes no fueron fertilizadas (K0). Para evitar el acceso eventual de agua de precipitación, las plantas se cubrieron con un techo de polietileno rebatible.

El experimento se estableció bajo condiciones controladas y durante cinco meses (desde julio a diciembre de 2009) se midieron periódicamente el diámetro a la altura del cuello y la altura, y se calcularon las respectivas tasas de crecimiento relativo. Se evaluaron diversas características fisiológicas y tolerancia a la sequía a través de mediciones de conductancia estomática, contenido relativo de agua, potencial agua y variables hídricas. La tolerancia al frío se evaluó a través de la presencia de antocianinas en los tejidos foliares, la cual se correlaciona con la severidad de la fotoinhibición inducida por frío. Las respuestas de las especies se evaluaron además a través de un índice de plasticidad fenotípica.

La sequía modificó la mayoría de las características de las plantas y redujo el crecimiento. Las plantas que crecían bajo los niveles S1 y S2 mostraron menor conductancia estomática, potencial agua y contenido relativo de agua. El potasio generó un efecto significativo, incrementando el contenido relativo de agua de las plantas S1K1 y S2K1. En respuesta al estrés hídrico las plantas desarrollaron ajuste osmótico y ajuste elástico. La magnitud promedio de ajuste osmótico en las plantas S1 y S2 fue 0,10 MPa y 0,20 MPa respectivamente, pero solo las plantas S2 mostraron un incremento en la elasticidad de 2,2 MPa. *E. grandis* tuvo menor potencial osmótico y menor elasticidad. Los niveles de antocianinas fueron mayores en las plantas C que en las plantas S1 y S2, particularmente en *E. grandis*, mientras que en *E. globulus* se observaron pequeñas diferencias entre los tres regímenes hídricos. El diámetro y la altura fueron menores en las plantas con estrés hídrico, especialmente, en las que crecían bajo condiciones S2. *E. grandis*

⁶ Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Argentina. guarnasc@agro.uba.ar

tuvo mayores tasas de crecimiento que *E. globulus*. Los índices de plasticidad mostraron que el crecimiento en diámetro fue menos afectado por la sequía que el crecimiento en altura y también mostraron mayores reducciones en el crecimiento de *E. grandis*.

Estos resultados indican que las dos especies manifiestan mecanismos de tolerancia a la sequía que les permiten soportar el estrés, pero confirman también que la sequía y el frío afectan el crecimiento de las plantas de *E. globulus* y *E. grandis*. Las plantas sometidas a sequía mostraron menores niveles de fotoinhibición, lo que sugiere que los ajustes en la tolerancia a la sequía las habrían protegido de las bajas temperaturas. El agregado de K tuvo efecto positivo protegiendo a las plantas que crecían bajo sequía. Las plantas estresadas del nivel K1 mostraron mayor contenido de agua, lo que implica que la fertilización potásica es una herramienta útil para los productores de plantas de *Eucalyptus*, aportando calidad de las mismas y con potencial efecto positivo luego de la plantación. Pero no fue posible establecer su efecto sobre la protección frente a las bajas temperaturas.

Palabras clave: *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus grandis*, Resistencia a Sequía y a Heladas, Fertilización en Viveros

SUMMARY

Droughts and frosts are among the most frequent stress factors that compromise physiology and growth of tree seedlings. Water stress and low temperatures soon after planting cause serious damage altering plant performance during the establishment. Unfortunately the influence of such events is predicted to increase under the present climate change scenario, which supposes a great change for forest production.

Some nursery practices may contribute to minimize the detrimental effects of drought and cold conditions and improve plant behavior after plantation. For example, potassium fertilization during the nursery hardening period is not only important for plant nutrition, but also it has a relevant role alleviating stress. However, it is still necessary to generate more information about the influence of these practices on *Eucalyptus* species and how they could allow overcoming these environmental constraints.

With the aim to evaluate some physiological responses, stress resistance and growth of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus grandis* seedlings plants were submitted to different water regimes and potassium levels. Control plants (C) were irrigated daily while moderate stressed (S1) and severe stressed plants (S2) were irrigated every other six-days and nine-days, respectively. At each water regime, half of the plants received potassium fertilization (K1) and the rest were not fertilized (K0). To avoid the access of water from rainfall plants were covered when necessary with a removable polyethylene roof.

The experiment was established under controlled conditions and during five months (from July to December 2009) root collar diameter and height were measured periodically and their respective relative growth rates were calculated. Several physiological characteristics and drought tolerance were assessed through measurements of stomatal conductance, water potential, relative water content and tissue water relations, while frost tolerance was evaluated through the presence of anthocyanins in foliage, which are correlated to the severity of cold-induced photoinhibition. Species responses were analyzed applying a phenotypic plasticity index.

Drought modified most of the plant characteristics and reduced seedlings growth. Plants growing under S1 and S2 conditions showed lower stomatal conductance, water potential and relative water content. Potassium had also significant effect, increasing relative water content of S1K1 and S2K1 plants. As responses to water stress, plants developed osmotic and elastic adjustment capacity. The average magnitude of osmotic adjustment in S1 and S2 plants was 0.10 MPa and 0.20 MPa, respectively, but only S2 plants showed a significant increase in tissue

elasticity of 2.2 MPa. *E. grandis* had lower osmotic potential and tissue elasticity. Anthocyanin levels were higher in C plants than in S1 and S2 plants, particularly in *E. grandis*, while in *E. globulus* small differences were observed among the three water regimes. Diameter and height were lower in water stressed plants, specially, in those growing under S2 conditions. *E. grandis* had higher relative growth rates than *E. globulus*. Indexes of plasticity indicated that diameter growth was less affected by drought than height growth and also showed higher reductions in *E. globulus* growth.

These results showed that the two species displayed drought tolerance mechanisms that allowed them to withstand stress but confirmed again that both drought and cold affect the growth of *E. globulus* and *E. grandis* seedlings. Plants submitted to the restrictive water regimes showed lower signs of photoinhibition, which suggest that drought tolerance adjustments might have contributed to protect them against low temperature. Potassium addition had positive effect protecting plants that were growing under drought. Stressed seedlings of the K1 level showed higher relative water content, which means that potassium fertilization offers a management tool for *Eucalyptus* growers concerned with plant stock quality, with potential positive effects after plantation. Although it did not have any evident and direct effect protecting plants from low temperatures.

Key Words: *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus grandis*, Droughts and Frosts Resistance, Fertilization in Nursery Production.

INTRODUCCIÓN

Durante el establecimiento diversos factores de estrés comprometen el crecimiento y la supervivencia de las plantas forestales. Las sequías y las heladas son fenómenos muy frecuentes en el centro y noreste de la Argentina, regiones donde se encuentran distribuidas las plantaciones de eucalipto. A los efectos de estos eventos habituales se suma la amenaza del cambio climático, respecto del cual se predice un aumento en la frecuencia e intensidad de los mismos (IPCC 2007). Una evidencia son los daños en las plantaciones generados por la heladas ocurridas en los últimos años en la provincia de Entre Ríos (Garrán *et al.*, 2007, Garrán y Garín, 2012, INTA, 2012).

Entre las principales especies cultivadas en el país, *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* y *Eucalyptus grandis* destacan particularmente por la calidad de la madera y elevada productividad. Estas dos especies manifiestan moderada resistencia a la sequía pero baja tolerancia a las heladas, particularmente *E. grandis* (Burgess, 1983; Golfari, 1985; Stoneman, 1994).

Existen herramientas que permiten sortear estas adversidades climáticas, como el uso de material genético tolerante, la adecuación de prácticas durante el establecimiento y técnicas culturales de vivero. Se ha observado variabilidad en la capacidad para tolerar condiciones de estrés por bajas temperaturas entre especies del género *Eucalyptus* y también entre procedencias de una misma especie (Raymond *et al.*, 1992, Volker *et al.*, 1995, Moraga *et al.*, 2006). En tal sentido, el programa de mejoramiento genético de INTA de *E. grandis* incluye en la actualidad el desarrollo de clones selectos, incorporando la resistencia al frío como otro de los criterios de selección (Marcó, 1986, Marcó, 2005, Harrand y Marcó, 2012), como así también la generación y selección de clones híbridos interespecíficos (Harrand, 2005), con otras especies del género más tolerantes al estrés, a fin de obtener materiales con una mejor respuesta en áreas marginales por factores climáticos y/o edáficos. En *E. globulus* ssp. *globulus* se están realizando cruzamientos con *Eucalyptus dunnii*, especie que manifiesta buen comportamiento frente al frío.

Con relación a las deficiencias hídricas, diversos estudios indican que existe variabilidad en tolerancia a la sequía entre especies de *Eucalyptus* (Merchant *et al.*, 2007, Guarnaschelli *et al.*, 2009), entre procedencias (Tuomela, 1997, Guarnaschelli *et al.*, 2003, Guarnaschelli *et al.*, 2006) y clones de una misma especie (Pita y Pardos, 2001; Costa e Silva *et al.*, 2004).

Adecuar la fecha de plantación, controlar las malezas y fertilizar los cultivos para promover el crecimiento de las plantas, logrando mayores dimensiones y menores riesgos de

daños por sequía y bajas temperaturas, son estrategias factibles para evitar las condiciones de estrés (Smith *et al.* 1997; White *et al.*, 2011, Larocca, 2012). Por su parte, Algunas prácticas de vivero pueden minimizar los efectos negativos de las sequías y las bajas temperaturas, mejorando el comportamiento de las plantas luego de la plantación. Por ejemplo, la fertilización potásica durante el período final de aclimatación en vivero resulta no solo importante para la nutrición de la planta sino que también cumple un rol relevante aliviando el estrés. La restricción de riegos, utilizada para aclimatar las plantas a la sequía (Landis *et al.*, 1989; Guarnaschelli *et al.*, 2006), es una práctica también recomendada para aumentar la tolerancia a las bajas temperaturas (Bigras y Dumais, 2005).

El K es un macronutriente esencial para el crecimiento de las plantas. Desempeña un papel destacado en diversos procesos fisiológicos, tales como la regulación estomática, el traslado de fotoasimilados por el floema, la activación de enzimas y la osmoregulación. Una mayor concentración de electrolitos como el K^+ dentro del citoplasma contribuye a la osmorregulación. El ajuste osmótico, al aumentar la turgencia de los tejidos, facilita el mantenimiento de la apertura estomática y el funcionamiento del aparato fotosintético ante condiciones de estrés hídrico (Morgan, 1984). Asimismo, el descenso en el potencial osmótico disminuye el punto de congelamiento, reduciendo consecuentemente el riesgo de congelamiento intracelular, la formación de cristales de hielo, la rotura de membranas y la muerte celular (Moraga *et al.*, 2006). En diversos trabajos se ha observado que las plantas que recibieron dosis de K respondieron mejor al estrés hídrico (van den Driessche, 1992, Garau *et al.*, 2004a, 2004b, Texeira *et al.*, 2008; Guarnaschelli *et al.*, 2010).

Otro aspecto adicional y de gran importancia es que la fertilización potásica puede, además, contribuir a un mejor comportamiento de las plantas frente al estrés biótico (Cakman, 2005; Landis, 2005). El K está involucrado también en mecanismos de defensa contra plagas y enfermedades. La incidencia y severidad de daños por plagas y enfermedades se reduce en plantas bien nutridas, ya que se estimula la síntesis de compuestos fenólicos, generalmente asociados con la defensa de las plantas contra herbívoros y patógenos. Recientemente, Römheld y Kyrkby (2010) destacaron las funciones del K en las plantas y resaltaron la necesidad de explorar el rol de este catión cuando las plantas se encuentran en situaciones de estrés.

Un mecanismo protector frente a los efectos nocivos por fotoinhibición condicionada por déficits hídricos y la exposición a las bajas temperaturas, es la síntesis de antocianinas (Nicotra *et al.*, 2003; Gould, 2004; Hughes *et al.*, 2005). Esta capacidad es variable entre especies y podría modificarse por efecto de prácticas culturales (Close *et al.*, 2002).

Por todo lo expuesto, el objetivo del presente trabajo fue estudiar bajo condiciones controladas los efectos de la fertilización potásica en plantas jóvenes de *E. grandis* y *E. globulus* ssp. *globulus*, creciendo en tres regímenes hídricos diferentes, sobre la resistencia a la sequía y a las bajas temperaturas.

MATERIAL Y MÉTODO

El experimento se desarrolló en el predio de la Cátedra de Dasonomía de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (34°35'27" S, 58°29'47" O, y 20 msnm) y consistió en un diseño factorial de dos especies por dos niveles de fertilización potásica y tres niveles de disponibilidad hídrica, que se extendió por un período de aproximadamente cinco meses.

La producción de plantas se realizó en la Cátedra de Dasonomía en invernáculo tipo túnel con cobertura de polietileno (150 micrones de espesor) removible. Se utilizó semilla importada de Australia de *E. globulus* ssp. *globulus* de origen Jeeralang y de *E. grandis* de origen Kendall (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1
UBICACIÓN Y DATOS CLIMÁTICOS DE LOS ORÍGENES DE SEMILLAS

Especie	Origen	Lat. (S)	Long. (E)	Altitud (msnm)	Precipitación Media (mm/año)	Temperatura (° C)	
						Max Media	Min Media
<i>E. globulus</i>	Jeerelang VIC	38° 19'	146° 33'	222	1.390	22	8
<i>E. grandis</i>	Kendall NSW	31° 37'	152° 43'	72	1.260	21	13

NSW: New South Wales, Australia
VIC: Victoria, Australia

Las semillas se sembraron en febrero de 2009 en bandejas plásticas con 40 contenedores de 93 cm³ cada uno, utilizando como sustrato una mezcla de corteza de pino comportada y corteza de coco.

A los tres meses fueron trasplantadas a envases de polietileno negro de 3 L, con una mezcla de tierra orgánica y arena en una proporción aproximada de 3:1 (v/v) como sustrato. A principios de junio de 2009 se seleccionaron al azar 72 plantas de cada especie, se dispusieron a la intemperie en una condición de plena disponibilidad de luz y se regaron diariamente.

A principios de julio las plantas de cada especie se separaron en tres grupos semejantes y fueron sometidas a tres regímenes hídricos. Las plantas control (C) se regaron diariamente, mientras que las moderadamente estresadas (S1) y las severamente estresadas (S2) se regaron cada seis y nueve días, respectivamente.

Posteriormente, la mitad de las plantas de cada especie y régimen hídrico fue fertilizada con potasio (K1) y la otra mitad no recibió fertilización (K0). En las plantas K1 se agregó cloruro de potasio (KCl) en una dosis de 80mg de K por dm³ de sustrato. El experimento se extendió hasta inicios de diciembre de 2009.

El comportamiento de las plantas a lo largo del período experimental se evaluó a través de la medición de diversas características fisiológicas, morfológicas y de crecimiento.

El estado hídrico de las plantas se evaluó a través del contenido relativo de agua (CRA) en discos foliares de 0,5 cm de diámetro siguiendo la metodología de Beaddle *et al.* (1993).

Para calcular el CRA se utilizó la fórmula:

$$CRA = (PF-PSe)/(PSa-PSe) \times 100$$

Donde: PF (peso fresco)

PSa (peso a saturación)

PSe (peso seco).

Al finalizar el período experimental se midió además el potencial agua foliar (Ψ_a) a la madrugada y al mediodía con una bomba de presión modelo PMS 600 (PMS Instruments, Corvallis, OR).

La conductancia estomática (g_s) se midió periódicamente al mediodía en hojas jóvenes

totalmente expandidas, con un porómetro de estado estacionario LI-1600 (Li-Cor Inc., Lincoln, NE).

Las variables hídricas se midieron a través de las curvas de presión-volumen -CPV- (Ritcher, 1978) en porciones apicales de tallo con 3-4 pares de hojas, previa hidratación. El Ψ_a se midió con la bomba de presión, aplicándose la técnica de presurizaciones repetidas (Hinckley *et al.*, 1980).

Se realizaron entre 10 y 14 presurizaciones en cada planta, obteniéndose al menos 5 puntos en la porción lineal de las curvas de $1/\Psi_a$ vs. CRA.

Las regresiones de las curvas de presión-volumen se analizaron a través de un programa de análisis elaborado por Schulte (versión 5.2, 8-12-88; cf. Schulte y Hinckley, 1985), el cual ajusta las curvas en las porciones lineales y no lineales de los datos y permite el cálculo del potencial osmótico a turgencia plena ($\Psi_{\pi 100}$), el contenido relativo de agua y el potencial osmótico en plasmólisis incipiente (CRA₀ y $\Psi_{\pi 0}$, respectivamente), el módulo máximo de elasticidad (ξ_{max}), el agua apoplásmica (θ) y el potencial máximo de presión (Ψ_{p100}).

El ajuste osmótico (AO) se calculó como la diferencia de $\Psi_{\pi 100}$ de plantas estresadas y plantas control, mientras que el ajuste elástico (AE) de manera análoga considerando los valores promedio de ξ_{max} .

La evaluación del comportamiento de las plantas en respuesta a las bajas temperaturas se realizó indirectamente aplicando una metodología similar a la planteada por Close *et al.* (2002) que establece una evaluación cualitativa del nivel de pigmentación de las hojas por presencia de antocianinas en los tejidos foliares (bajo: color verde, medio: color verde rojizo, alto: rojo), valores correlacionados con la severidad de la fotoinhibición inducida por frío.

Se midió periódicamente la altura y el diámetro basal de las plantas con cinta métrica y calibre digital, respectivamente. Se calculó la tasa de crecimiento relativo (RGR) en diámetro y altura, utilizando la fórmula de (Hunt, 1990):

$$RGR = (\ln V_2 - \ln V_1) / t_2 - t_1$$

Donde: V_1 y V_2 son los valores de variable analizada al comienzo y al final del período de evaluación considerado

t_1 y t_2 son las fechas de medición.

Para comparar las respuestas de las especies, es decir determinar el grado de cambio de las características medidas en diferentes unidades, se calculó un Índice de Plasticidad para algunas variables fisiológicas y morfológicas.

Este índice, que varía entre 0 y 1, se calcula a partir de la diferencia entre el valor máximo medio y mínimo medio que asume cada variable sobre el valor máximo (Valladares *et al.*, 2002).

Los datos se analizaron utilizando un ANOVA multifactorial; considerando los efectos de especie (2), nivel de fertilización potásica (2) y régimen hídrico (3).

Se utilizó la prueba de Bartlett para testear la homogeneidad de varianza y se realizaron transformaciones en los casos en que fue necesario.

Las medias se separaron a través de la prueba de Tukey. Los análisis se procesaron con SAS statistical package (SAS Institute, Cary, NC).

RESULTADOS

La sequía modificó la mayoría de las características evaluadas en este trabajo, disminuyendo las tasas de crecimiento y el tamaño final de las plantas de eucalipto. Se detectaron interacciones entre los factores considerados, por lo cual en ciertos casos se observaron diferencias en el comportamiento de las especies estudiadas.

Características Fisiológicas

En la medición realizada a fines de noviembre de 2009 se observó que las plantas que crecían bajo los niveles de restricción hídrica S1 y S2 mostraron menores valores promedio de CRA que las C ($p < 0,0001$).

Paralelamente, el CRA de las K1 superó significativamente al de las K0 ($p = 0,0035$) (Figura N° 1A).

En concordancia con las respuestas previas, la g_s se modificó en respuesta a ambos factores, fue superior en las plantas C ($p < 0,0001$) que en las sometidas a ciclos de sequía y con una tendencia marginalmente significativa ($p = 0,08$).

Se observaron diferencias entre las plantas de los niveles K0 y K1 en *E. globulus*, mostrando las últimas valores superiores de g_s (Figura N° 1 B).

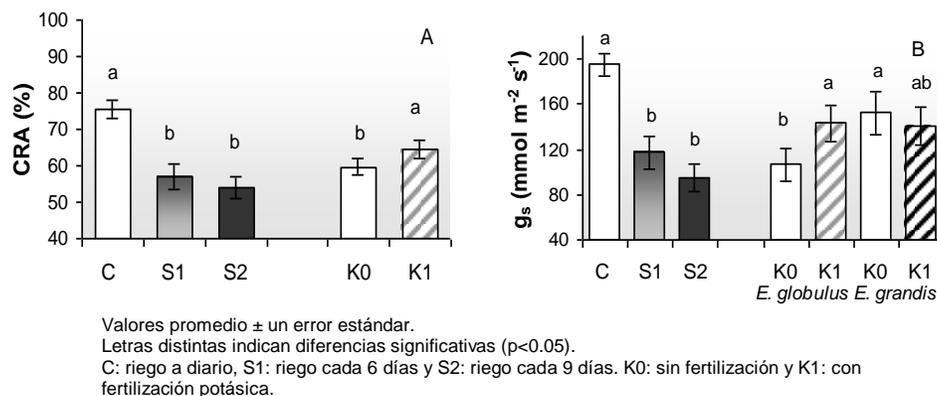


Figura N° 1
CONTENIDO RELATIVO DE AGUA (CRA) SEGÚN RÉGIMEN HÍDRICO Y NIVEL DE FERTILIZACIÓN POTÁSICA (A) Y CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA (g_s) SEGÚN RÉGIMEN HÍDRICO Y LA INTERACCIÓN ESPECIE X FERTILIZACIÓN POTÁSICA A FINES DE NOVIEMBRE DE 2009.

Al finalizar el experimento, el estado hídrico de las plantas al amanecer, a través de mediciones de Ψ_a y el CRA se presenta en el Cuadro N° 2. Las plantas S1 y S2 presentaron menores valores promedio de Ψ_a que las C, pero en contraste, solo las plantas S2 presentaron menores valores de CRA, diferenciándose de las S1 y las C.

Al mediodía y para ambas variables, las interacciones entre régimen hídrico y la fertilización potásica fueron significativas. El potasio generó un efecto significativo en el estado

hídrico de las plantas. Para el Ψ_a ($p=0,0058$) el efecto del K se produjo a nivel de las plantas S2. Con relación al CRA ($p=0,0087$), los valores en las plantas S1K1 y S2K1 fueron más elevados que los de las S1K0 y la S2K0 y no se diferenciaron de las plantas C (Figura N° 2). La g_s solo disminuyó en las plantas S2 ($p=0,0327$), pero en esta oportunidad no se observó efecto de la fertilización con K.

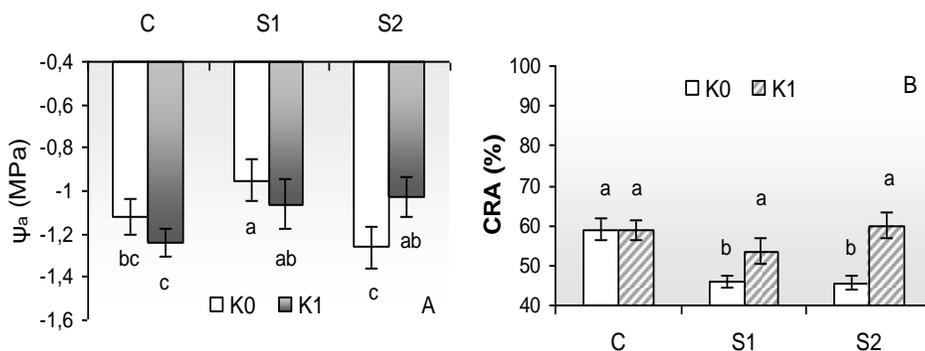
Cuadro N° 2
VALORES DE POTENCIAL AGUA (Ψ_a) Y CONTENIDO RELATIVO DE AGUA (CRA) AL AMANECER
SEGÚN RÉGIMEN HÍDRICO AL FINAL DEL EXPERIMENTO

Régimen Hídrico p	Ψ_a (MPa) 0,0056	CRA (%) 0,0071
C	-0,22 ± 0,014 a	81,02 ± 1,33 a
S1	-0,40 ± 0,021 b	82,67 ± 1,59 a
S2	-0,45 ± 0,018 b	77,21 ± 1,10 b

Valores promedio ± un error estándar.

Letras distintas indican diferencias significativas ($p<0,05$).

C: riego diario, S1: riego cada 6 días y S2: riego cada 9 días.



Valores promedio ± un error estándar.

Letras distintas indican diferencias significativas ($p<0,05$).

C: riego a diario, S1: riego cada 6 días y S2: riego cada 9 días. K0: sin fertilización y K1: con fertilización potásica.

En respuesta a los ciclos de sequía se produjo un descenso en el $\Psi_{\pi 100}$ y un aumento en el ξ_{max} de las plantas de eucalipto. La magnitud promedio de AO en las plantas S1 y S2 fue 0,106 MPa y 0,201 MPa, respectivamente (Figura N° 3A). En contraste, solo las plantas S2 mostraron un incremento significativo en el ξ_{max} de 2,2 MPa (Figura N° 3B). Paralelamente, *E. grandis* mostró menor $\Psi_{\pi 100}$ y mayor ξ_{max} que *E. globulus* (Figuras N° 3A y 3B).

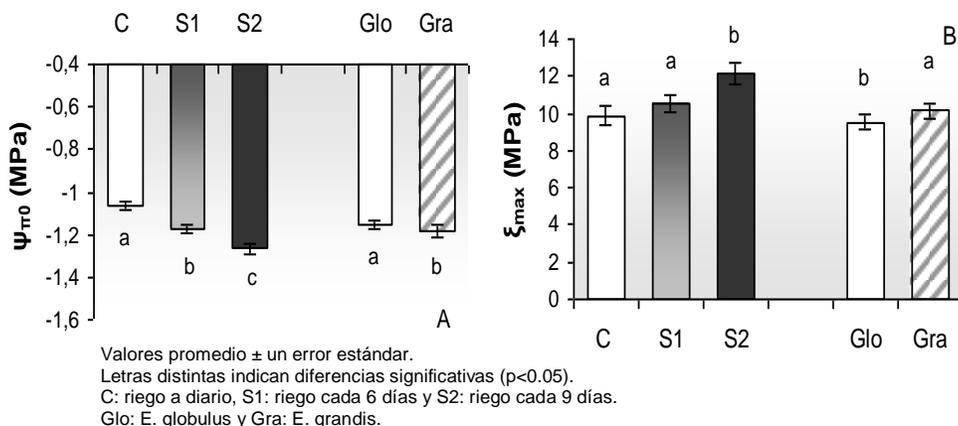


Figura N° 3
POTENCIAL OSMÓTICO A SATURACIÓN ($\Psi_{\pi 100}$) (A) Y MÓDULO MÁXIMO DE ELASTICIDAD (ξ_{max}) (B)
SEGÚN RÉGIMEN HÍDRICO Y ESPECIE AL FINAL DEL EXPERIMENTO

Análisis realizados para cada una de las especies en forma separada, mostraron interacciones significativas entre régimen hídrico y fertilización potásica (Cuadro N° 3). En *E. globulus*, las plantas de los niveles S1 y S2 mostraron un descenso significativo en el $\Psi_{\pi 100}$ y particularmente en las del nivel S2, el agregado de K generó un descenso adicional significativo en el $\Psi_{\pi 100}$ en las plantas S2 ($p=0,05$). En *E. grandis* se observó descenso significativo en las plantas correspondientes a los tratamientos S1K1 como así mismo en las S2K0 y S2K1. Es decir, el agregado de K también produjo un descenso en el $\Psi_{\pi 100}$ ($p=0,048$).

Cuadro N° 3
VALORES DE POTENCIAL OSMÓTICO A SATURACIÓN ($\Psi_{\pi 100}$)
SEGÚN LA INTERACCIÓN RÉGIMEN HÍDRICO X FERTILIZACIÓN POTÁSICA.

Tratamiento	$\Psi_{\pi 100}$ (MPa)	
	<i>E. globulus</i>	<i>E. grandis</i>
CK0	-1,00 \pm 0,051 a	-1,15 \pm 0,022ab
K1	-1,05 \pm 0,030ab	-1,06 \pm 0,053 a
S1K0	-1,17 \pm 0,024 c	-1,17 \pm 0,035 b
K1	-1,08 \pm 0,026bc	-1,26 \pm 0,038cd
S2K0	-1,23 \pm 0,022 c	-1,22 \pm 0,025bc
K1	-1,30 \pm 0,055 d	-1,33 \pm 0,069 d

Valores promedio \pm un error estándar.
 Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).
 C: riego diario, S1: riego cada 6 días y S2: riego cada 9 días.

En *E. grandis* los niveles más altos de antocianas se presentaron en las plantas C (follaje de color rojizo), mientras que las plantas S1 y S2 presentaron nivel medio y bajo, respectivamente. El follaje de *E. globulus* presentó bajos niveles de coloración rojiza y no se observaron diferencias entre las plantas de los tres regimenes hídricos. Tampoco se observaron diferencias entre las

plantas K0 y K1. Las plantas no presentaron tejidos dañados y las condiciones experimentales no generaron muerte de individuos.

Variables Morfológicas

Las tasas de crecimiento relativo en diámetro y altura se redujeron por efecto del régimen hídrico. Al mismo tiempo las especies mostraron valores promedio diferentes en diámetro (Cuadro N° 4).

Cuadro N° 4
TASAS DE CRECIMIENTO RELATIVO (TCR) EN DIÁMETRO Y ALTURA
SEGÚN RÉGIMEN HÍDRICO Y ESPECIE

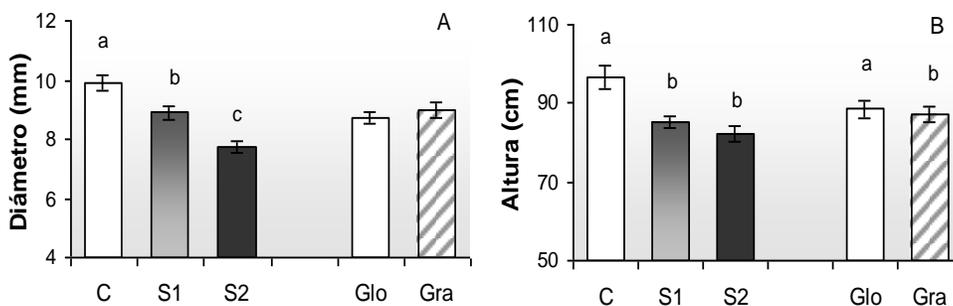
Régimen Hídrico <i>p</i>	TCR en Diámetro (mm mm ⁻¹ d ⁻¹) <0,0001	TCR en Altura (cm cm ⁻¹ d ⁻¹) 0,0001
C	0,0057 ± 0,00029 a	0,0044 ± 0,00018 a
S1	0,0051 ± 0,00020 a	0,0038 ± 0,00022 b
S2	0,0040 ± 0,00018 b	0,0033 ± 0,00019 b
Especie <i>p</i>	0,0014	0,099
<i>E. globulus</i>	0,0045 ± 0,00019 b	0,0036 ± 0,00017
<i>E. grandis</i>	0,0054 ± 0,00023 a	0,0039 ± 0,00019

Valores promedio ± un error estándar.

Letras distintas indican diferencias significativas ($p > 0,05$).

C: riego a diario, S1: riego cada 6 días y S2: riego cada 9 días.

El diámetro final se redujo en forma creciente en las plantas S1 y S2 ($p < 0,001$), pero la altura se modificó significativamente en forma similar en ambos grupos de plantas ($p < 0,001$). Al mismo tiempo se observó en *E. grandis* menor altura ($p < 0,001$) que en *E. globulus*, pero diámetro similar ($p > 0,05$) (Figura N° 4).



Valores promedio ± un error estándar.

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

C: riego a diario, S1: riego cada 6 días y S2: riego cada 9 días.

Glo: *E. globulus* y Gra: *E. grandis*.

Figura N° 4
DIÁMETRO Y ALTURA SEGÚN RÉGIMEN HÍDRICO Y ESPECIE AL FINAL DEL EXPERIMENTO

Índices de Plasticidad

Los índices de plasticidad para las características seleccionadas mostraron que el crecimiento en altura fue más afectado por la sequía que el crecimiento en diámetro y también se observaron mayores reducciones en las variables fisiológicas y menores en el crecimiento de *E. globulus* con relación a *E. grandis*.

Cuadro N° 5
INDICES DE PLASTICIDAD PARA LAS DIVERSAS CARACTERÍSTICAS CONSIDERADAS

Tratamiento	<i>E globulus</i>					<i>E grandis</i>				
	g_s	$\Psi_{\pi 100}$	ξ_{max}	Diámetro	Altura	g_s	$\Psi_{\pi 100}$	ξ_{max}	Diámetro	Altura
CK1	0,121	0,051	0,033	0,082	0,005	0,058	0,078	0,240	0,021	0,198
S1K0	0,620	0,144	0,085	0,082	0,152	0,128	0,017	0,062	0,111	0,158
K1	0,403	0,077	0,022	0,038	0,146	0,343	0,089	0,004	0,114	0,186
S2K0	0,580	0,183	0,165	0,216	0,222	0,522	0,058	0,097	0,253	0,226
K1	0,315	0,229	0,196	0,142	0,146	0,550	0,013	0,068	0,206	0,166
Promedio	0,408	0,137	0,100	0,112	0,134	0,032	0,075	0,094	0,141	0,187

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Estos resultados indican que las dos especies manifestaron cambios significativos en la mayoría de los caracteres estudiados cuando estuvieron sometidas a condiciones de estrés, es decir experimentaron un proceso de aclimatación. Se observó una reducción en la g_s de las plantas, estrategia para evitar las condiciones de sequía, que tiene un importante impacto sobre la supervivencia y el crecimiento de las plantas en ambientes con deficiencias hídricas ya que previene que las hojas y tallos alcancen valores de contenido hídrico que dañen irreversiblemente a los tejidos. Aún cuando la reducción en la g_s representa una limitación para la asimilación de CO_2 y en consecuencia para la acumulación de biomasa, las plantas evidenciaron paralelamente capacidad para desarrollar AO, mecanismo de tolerancia a la sequía. El AO generado por el descenso en el $\Psi_{\pi 100}$ como consecuencia de la acumulación de solutos disminuye el Ψ_a permitiendo mantener el gradiente de Ψ entre la planta y el suelo a medida que disminuye el contenido hídrico de este, por lo tanto se mantiene la absorción de agua del suelo, se facilita la turgencia de los tejidos y por consiguiente los procesos fisiológicos dependientes de dicha condición. El aumento en el ξ_{max} , que implica una disminución en la elasticidad de la pared celular, favorece, al igual que el AO, el mantenimiento del gradiente de Ψ_a entre la planta y el suelo, y por lo tanto la absorción de agua a bajos contenidos hídricos del suelo.

Estas respuestas frente a la sequía han sido reportadas en estudios previos en eucalipto (Tuomela 1997, Guarnaschelli 2009, Merchant *et al.*, 2007). Cabe destacar que para algunas variables la magnitud de los cambios se correlacionó con el nivel de severidad del estrés hídrico al cual estuvieron sometidas las plantas (Guarnaschelli *et al.*, 2003).

El agregado de K tuvo un efecto positivo en las plantas dado que contribuyó a un descenso adicional en el $\Psi_{\pi 100}$, protegiendo a las plantas que crecían bajo sequía. Estos resultados confirman nuevamente estudios previos donde se observó que plantas de *E. globulus* fertilizadas con K^+ presentaban menor Ψ_{π} que las plantas sin aporte adicional de K^+ , lo cual generó un aumento en la tolerancia al déficit hídrico (Guarnaschelli *et al.*, 2010). En este trabajo un similar efecto se observó también en las plantas de *E. grandis*.

No se observaron daños en las plantas derivados de la exposición a las bajas

temperaturas, pero en contraste se presentaron diferencias en la coloración del follaje entre especies y entre regímenes hídricos. El follaje de las plantas C de *E. grandis* presentó una tonalidad más rojiza con relación al presente en las plantas sometidas a ciclos de sequía, que resultó más verdoso. Las tonalidades más rojizas son derivadas de la presencia de antocianinas, compuesto asociados con la fotoprotección de las plantas en condiciones de bajas temperaturas. Estas respuestas indican que las plantas bajo sequía mostraron menores niveles de fotoinhibición y sugieren que los ajustes en la tolerancia a la sequía las habrían protegido de las bajas temperaturas.

Costa e Silva *et al.* (2009) plantearon que las plantas de *E. globulus* más tolerantes a la sequía resultaron más resistentes a las bajas temperaturas y asociaron esas respuestas con la mayor capacidad de ajuste osmótico. De hecho, la acumulación de solutos contribuye no solamente a la aclimatación de las plantas frente a la sequía, estos actúan también como crioprotectores, facilitando la aclimatación a las bajas temperaturas (Kozłowski y Pallardy 2002). Coopman *et al.* (2010) observaron que la resistencia al frío depende del genotipo y de los tratamientos de aclimatación a la sequía y destacaron la importancia de aplicarlos en vivero previo a la plantación. Los resultados obtenidos nuevamente avalan la efectividad de los tratamientos de aclimatación a la sequía sobre la tolerancia a la sequía y a las bajas temperaturas en *E. globulus* y aportan información novedosa sobre su efectividad en plantas de *E. grandis*.

El K es el principal catión osmorregulador y su aporte a las plantas de *E. globulus* y *E. grandis*, como se adelantara previamente, contribuyó al descenso en el $\Psi_{\pi 100}$ y al aumento en la tolerancia a la sequía. No obstante, no fue posible establecer su efecto sobre la protección frente a las bajas temperaturas. Teniendo que en cuenta que en este trabajo solo se consideró a la presencia de antocianinas como variable indicadora de las respuestas frente a las bajas temperaturas, el hecho de no haber encontrado mayores diferencias entre niveles de fertilización, no implica que el K no haya ejercido un efecto positivo, sino que no fue posible detectarlo bajo las condiciones experimentales impuestas. Se plantea la necesidad de realizar nuevos experimentos realizando pruebas de "fuga de electrolitos" (Electrolyte leakage), técnica de gran eficiencia y rapidez (Ritchie y Landis 2010), cuyos resultados muestran buenos correlaciones con la performance de las plantas a campo (Radoglou y Raftoyannis, 2001; Bigras y Dumais, 2005).

Otro aspecto importante derivado del tratamiento de fertilización es que las plantas estresadas del nivel K1 mostraron mayor contenido de agua, lo que implica que la fertilización con K es una herramienta útil para los productores de *Eucalyptus*, relacionada con la calidad de las mismas y con potencial efecto positivo luego de la plantación.

Finalmente, los ajustes plásticos experimentados en los caracteres relacionados con la resistencia al estrés permitieron la aclimatación de las plantas. Los índices de plasticidad mostraron un ligero mayor ajuste en los caracteres fisiológicos de *E. globulus* y si bien no se produjo mortalidad de ejemplares, las tasas de crecimiento relativo disminuyeron por efecto de la sequía y las bajas temperaturas en ambas especies, pero en *E. globulus* la reducción fue menor que la observada en *E. grandis*.

REFERENCIAS

Beadle, C. L.; Ludlow, M. M. P. y Honeysett, J. L., 1993. Water relations. Páginas 113-128. *En* D. O. Hall, J. M. O. Scurlock, H. R. Bolhar-Nordencampf, R. C. Leegood y S. P. Long, editores. *Photosynthesis and production in a changing environment: A field and laboratory manual*, Chapman and Hall, London.

Bigras, F. J. y Dumais, D., 2005. Root-freezing damage in the containerized nursery: Impact on plantation sites-A review. *New Forests* 30: 167-184.

Burgess, I. P., 1983. Tolerance of two years old *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus saligna* to winter frost in Canberra. IUFRO-AFOCEL- Colóquio internacional sur les *Eucalyptus* résistants au froid. Bordeaux, Francia. 26-30/9/1983. Páginas 356-386.

Cakman, I., 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 168: 521-530.

Close, D. C.; Beadle, C. L.; Holz, G. K. y Brown, P. H., 2002. Effects of shade cloth tree shelter on cold-induced photoinhibition, foliar anthocyanin and growth of *Eucalyptus globulus* and *E. nitens* seedlings during establishment. *Australian Journal of Botany* 50: 15-20.

Coopman, R. E.; Jara, J. C.; Escobar, R., Corcuera, L. J. y Bravo, L. A., 2010. Genotypic variation in morphology and freezing resistance of *Eucalyptus globulus* seedlings subjected to drought hardening in nursery. *Electronic Journal of Biotechnology* 13, 10.

Costa e Silva, F.; Shvaleva, A.; Maroco, J. P.; Almeida, M. H.; Chaves, M. M. y Pereira, J. S., 2004. Responses to water stress in two *Eucalyptus globulus* clones differing in drought tolerance. *Tree Physiology* 24: 1165-1172.

Costa e Silva, F. A.; Shvaleva, A.; Broetto, F.; Ortuño, M. F.; Rodrigues, M. L.; Almeida, M. H.; Chaves, M. M. y J. S. Pereira, J. S., 2009. Acclimation to short-term low temperatures in two *Eucalyptus globulus* clones with contrasting drought resistance. *Tree Physiology* 29:77-86.

Garrán, S. M.; Garín, R. O. y Marcó, M. A., 2007. El clima de la región de Concordia y sus heladas. *En Actas XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, Entre Ríos, 25-26/10/2007.*

Garrán, S. M. y Garín, R. O., 2012. Informe heladas del 7, 8 y 9 de Junio en la región citrícola del Río Uruguay

Garau, A. M.; Guarnaschelli, A. B.; Mema, V. y Lemcoff, J. H., 2004a. Tissue water relations in *Eucalyptus* seedlings: Effects of species, K fertilization and drought. *En CD Conferencia Internacional IUFRO Eucalyptus in a Changing World. Aveiro, Portugal. 11-15/10/2004.*

Garau, A. M.; Guarnaschelli, A. B.; Prystupa, P. y Lemcoff, J. H., 2004b. Relaciones hídricas en plantines de *Eucalyptus* sp. Sujetos a la interacción de fertilización nitrogenada y potásica con restricción hídrica. *En Actas XXV Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. San Rosa, La Pampa. 22-24/9/2004.*

Golfari, L., 1985. Distribución regional y condiciones ecológicas de los eucaliptos cultivados en la Argentina. Problemas inherentes. C.I.E.F. Publicación técnica Nº 1. 19 páginas.

Gould, K. S., 2004. Nature's Swiss army knife: The diverse protective roles of anthocyanins in leaves. *Journal of Biomedicine & Biotechnology* 5: 314-320.

Guarnaschelli, A. B., 2009. Efecto del ajuste osmótico y la elasticidad de la pared celular sobre el crecimiento de *Eucalyptus globulus* durante el establecimiento. Tesis M.Sc., Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Guarnaschelli, A. B.; Lemcoff, J. H.; Prystupa, P. y Basci, S. O., 2003. Responses to drought preconditioning in *Eucalyptus globulus* Labill. provenances. *Trees* 17: 501-509.

Guarnaschelli, A. B.; Prystupa, P. y Lemcoff, J. H., 2006. Drought conditioning improves water status, stomatal conductance and survival of *Eucalyptus globulus* ssp. *bicostata*. *Annals of Forest Science* 63: 941-950.

Guarnaschelli, A. B.; Ruiz Nuñez, J.; Chiavassa, J. A.; Fedotova, N. y Garau, A. M., 2010. Aclimatación en vivero en plantas de *Eucalyptus* por restricción hídrica y fertilización potásica. *En CD XXIV Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, Entre Ríos. 28-29/10/2010.*

Harrand, L., 2005. La Utilización de Híbridos Interespecíficos como Alternativa Forestal. *Revista IDIA XXI: N° 8, págs. 165-168.*

Harrand, L. y Marcó, M. A., 2012. Investigación hacia el desarrollo de material genético tolerante al frío. *En Actas XXVI Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, Entre Ríos, 4-5/10/2012. 8 páginas.*

Hinckley, T. M.; Duhme, F.; Hinckley, A. R. y Richer, H., 1980. Water relations of drought hardy shrubs: Osmotic potential and stomatal reactivity. *Plant, Cell and Environment* 3: 131-140.

Hughes, N. M.; Neufeld, H. S. y Burkey, K. O., 2005. Functional role of anthocyanins in high-light winter leaves of the evergreen herb *Galax urceolata*. *New Phytologist* 168: 575-587

Hunt, R., 1990. Basic growth analysis. Plant growth analysis for beginners. Unwin Hyman Ltd., London. 112 páginas.

INTA, 2012. Las heladas del 7, 8 y 9 de Junio en la costa del Río Uruguay y sus efectos sobre las plantaciones de eucaliptos. 11 páginas.

IPCC, 2007. Fourth Assessment Report: Climate Change Working Group I Report. The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge, New York, NY, USA.

Kozłowski, T. T. y Pallardy, S. G., 2002. Acclimation and adaptive responses of woody plants to environmental stresses. *Botanical Review* 68: 270-334.

Landis. T. D., 2005. Macronutrients. Potassium. *Forest Nursery Notes*. Winter 2005. Págs. 5-11.

Landis, T. D. ; Tinus, R. W. ; Mc Donald, S. E. y Barnett, J. P., 1989. The Container Tree Nursery Manual, Vol. 4, Seedling nutrition and irrigation, U.S.D.A. Forest Service. Agricultural Handbook 674. Washington D.C.

Larocca, F., 2012. Daños por heladas en plantaciones de *Eucalyptus grandis*, posibles herramientas desde el manejo. *En Actas XXVI Jornadas Forestales de Entre Ríos*. Concordia, Entre Ríos, 4-5/10/2012. 10 páginas.

Marcó, M. A., 1986. Tolerancia a heladas en orígenes y procedencias de *Eucalyptus grandis*. Información Forestal. EEA INTA Concordia. 5 págs.

Marcó, M. A., 2005. Conceptos generales de mejoramiento genético forestal y su aplicación a los bosques cultivados de la Argentina. Págs. 9-17, *en* C. A. Norberto, editor. Mejores árboles para más forestadores: El programa de producción de material de propagación mejorado y el mejoramiento genético en el proyecto forestal de desarrollo. SAGPyA. Buenos Aires.

Merchant, A.; Callister, A.; Arndt, S.; Tausz, M. y Adams, M., 2007. Contrasting physiological responses of six *Eucalyptus* species to water deficits. *Annals of Botany* 100:1507-1515.

Moraga, P.; Escobar, R. y Valenzuela, S., 2006. Resistance to freezing in three *Eucalyptus globulus* Labill. subspecies. *Electronic Journal of Biotechnology* 9: 310-314.
<http://www.ejbiotechnology.info/index.php/ejbiotechnology/index>.

Morgan, J. M., 1984. Osmoregulation and water stress in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology* 35:299-319.

Nicotra, A. B.; Hofman, M.; Siebke, K. y Ball, M. C., 2003. Spatial patterning of pigmentation in evergreen leaves in response to freezing stress. *Plant, Cell and Environment* 26: 1983–1904.

Pita, P. y Pardos, J. A., 2001. Growth, morphology, water use and tissue water relations of *Eucalyptus globulus* clones in response to water deficit. *Tree Physiology* 21:599-507.

Radoglou, K. y Raftoyannis, Y., 2001. Effects of desiccation and freezing on vitality and field performance of Broad leaves tree Species. *Annals of Forest Science* 58: 59-68.

Raymond, C. A.; Owen, J. V.; Eldridge, G. G. y Harwood, C. E., 1992. Screening Eucalypts for frost tolerance in breeding programs. *Canadian Journal of Forest Research* 22: 1271-1277.

Richter, H., 1978. A diagram for the description of water relations of plants cells and organs. *Journal of Experimental Botany* 29: 1197-1203.

Ritchie, G. A y Landis, T. D., 2010. Assessing Plant Quality. *En* Landis et al., Editores. The Container Tree Nursery Manual. Volumen 7. Capítulo 2. 80 págs.

Römheld, V. y Kirkby, E. A., 2010. Research on potassium in agriculture: Needs and Prospects. *Plant and Soil* 335: 155-180.

S.A.S Institute, 2000. SAS/STAT Guide for personal computer. Cary. N.C.

Schulte, P. y Hinckley, T., 1985. A comparison of pressure-volume curve data analysis techniques. *Journal of Experimental Botany* 36: 1590-1602.

Smith, D. M.; Larson, B. C.; Kelty, M. J. y Ashton, P. M. S., 1997. The practice of Silviculture: Applied Forest Ecology. John Wiley & Sons Inc. New York, 537 Págs.

Stoneman, G. L., 1994. Ecology and physiology of establishment of *Eucalyptus* seedlings from seed: A review. Australian Forestry 57: 11-30.

Texeira, P. C.; Moraes Gonçalves, J. L.; Artur Junior, J. C. y Dezordi, C., 2008. *Eucalyptus* sp. seedling response to potassium fertilization and soil water. Ciencia Florestal 18: 47-63.

Tuomela, K., 1997. Leaf water relations in six provenances of *Eucalyptus microtheca*: A greenhouse experiment. Forest Ecology and Management 92: 1-10.

Van den Driessche, R., 1992. **Changes in drought resistance and root growth capacity of container seedlings in response to nursery drought, nitrogen and potassium treatments.** Canadian Journal of Forest Research 22: 740-749.

Valladares, F.; Chico, J. M.; Aranda, I.; Balaguer, L.; Dizengremel, P.; Manrique, E. y Dreyer, E., 2002. The greater seedling high-light tolerance of *Quercus robur* over *Fagus sylvatica* is linked to a greater physiological plasticity. Trees 16: 395-403.

Volker, P. W.; Owen, J. B. y Borralho, N. M. G., 1995. Genetic variances and covariances for frost tolerance in *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens*. Silvae Genetica 43: 366-372

White, D. A.; O'Grady, A. P.; Battaglia, M.; Bruce, J. L. y Pinkard, E. A., 2011. Drought responses of *Eucalyptus* plantations – from physiology to management. En Meeting Abstract IUFRO Tree Biotechnology Conference 2011: From genomes to integration and delivery. Arraial d'Ajuda, Bahia, Brasil. 26/6-2/7/2011. 3 páginas.

PRIMEROS RESULTADOS DE UN ENSAYO DE SEVERIDAD DE PODA EN *Eucalyptus regnans*. EFECTOS EN EL CRECIMIENTO Y RESPUESTA FISIOLÓGICA

Lisboa, Magdalena⁷; Acuña, Eduardo¹; Cancino, Jorge¹; Muñoz, Fernando¹; Rodríguez, Roque⁸ y Volker, Peter⁹

RESUMEN

Las crecientes preocupaciones de los consumidores en materias ambientales han llevado a la protección de los bosques naturales. Como resultado, los productores de maderas de alto valor han dirigido su interés a las plantaciones de eucaliptos como una fuente para el suministro de madera de latifoliadas que tradicionalmente se obtenía de bosques naturales.

Varias especies del género *Eucalyptus* han sido establecidas en diversos países, desde los trópicos hasta las zonas de clima templado frío. Una especie de interés en la zona fría y templada es *Eucalyptus regnans*, que se ha establecido con éxito en Nueva Zelanda y Chile. En su medio natural, en los bosques húmedos del sureste de Australia, puede alcanzar alturas cercanas a 100 metros y es una de las maderas más populares para una amplia gama de productos, incluidos los pisos, molduras y mobiliario.

En Chile, la producción de madera sólida se basa casi exclusivamente en plantaciones de *Pinus radiata*, con un pequeño porcentaje de especies nativas y algunas especies del género *Eucalyptus*. Actualmente existen en la zona central de Chile aproximadamente 1.200 hectáreas de plantaciones de *E. regnans*. La mayor parte de esta superficie se maneja para la producción de madera de alto valor con podas severas e intensivos regímenes de raleo. La poda es una actividad esencial para producir trozas sin defectos que permite la producción de madera y chapas de alto valor.

En las plantaciones de *E. regnans* destinadas a la producción de madera de alto valor es necesario conocer los efectos de la poda de ramas basales, tanto en las variables de crecimiento como fisiológicas, con el fin de generar madera libre de defectos, sin afectar la productividad de estas plantaciones. En varias especies de *Eucalyptus* se ha observado que la poda de ramas basales verdes aumenta la tasa fotosintética, entre otros cambios en procesos fisiológicos, lo que podría mitigar el efecto de la pérdida de follaje en el crecimiento.

Para estudiar este efecto, se estableció un ensayo de severidad de poda en rodales de 2 y 3 años de edad, con tratamientos de poda de 0% (control), 30%, 50% y 70% de remoción de copa viva. Se efectuaron mediciones de diámetro (DAP) y altura al momento de la poda y luego cada tres meses. Adicionalmente, se midió las variables fisiológicas; fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración, analizando el efecto del tratamiento, edad del follaje y sección de la copa. Los primeros resultados indican diferencias en las tasas de crecimiento en diámetro entre tratamientos. Los parámetros fisiológicos analizados presentaron diferencias entre edades de follaje, secciones de copa y tratamiento de severidad de poda.

Palabras clave: *Eucalyptus regnans*, podas, madera sólida.

⁷ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile, mlisboau@udec.cl

⁸ Escuela Politécnica Superior de Lugo. Universidad de Santiago de Compostela 27002, Lugo, España

⁹ Cooperative Research Centre for Sustainable Production Forestry and School of Plant Science, University of Tasmania, GPO Box 252-55, Hobart, 7001, Tas., Australia.

SUMMARY

Increasing consumer concerns about environmental matters have driven to an also increasing native forests protection. As a result, high value solid wood producers are changing their attention to planted forests, within them Eucalypts plantations, as a broadleave wood source traditionally provided by native forests.

Several *Eucalyptus* species have been established in different countries from the tropics to the temperate zones. One of the interesting *Eucalyptus* species in temperate areas plantations is *Eucalyptus regnans*, succesfully planted in countries like New Zealand and Chile. In its natural distribution área in Australian south eastern humid forests, *Eucalyptus regnans* can reach up to 100 m height and is one of the most valuable wood to a wide variety of products, including floors, mouldings and furnitures.

Almost all the solid wood production in Chile is based on Radiata Pine plantations with a low native and other exotic species participation including some Eucalypts. At present there are some 1,200 ha of *Eucalyptus regnans* plantations in the Chile's central part and most of them are used to high value wood production under intensive pruning and thinning regimes. Pruning pratice is essential to obtain defect free logs for high value sawn wood and venners production.

In *Eucalyptus regnans* planted forests to high value wood production it is important the knowledge on the the pruning effect on the growing and phisioplogycal variables in order to produce high value Wood without effects on the plantation productivity. Several *Eucalyptus* species have shown that basal green branches pruning increases photosintetic rates and that could mitigate the effect of foliage loss on growth.

To study that effect, a pruning severity trial on 2 and 3 years *Eucalyptus regnans* stands was established, including without pruning as control and 30, 50 and 70% of crown removal treatments. Diameter (DBH) and heigh measures were carried out at the beginnng and later each 3 month. Physiological variables, as photosynthesis, stomatal conductance and transpiration, were measured as well to analyze the treatment effects.

First results show that there are differences on growing rates between treatments and regarding to physiological variables, those show differences between foliage age, crown section and pruning severity treatment

Key words: *Eucalyptus regnans*, pruning, solid wood.

INTRODUCCIÓN

La obtención de productos madereros de alto valor requiere maximizar la producción de madera libre de nudos y otros defectos. Debido a que muchas especies del género *Eucalyptus* no pierden las ramas basales naturalmente, o lo hacen lentamente, la producción de madera libre de defectos a partir de ellas requiere la ejecución de podas. Sin embargo, esta actividad podría facilitar el ingreso de hongos, reduciendo la calidad de la madera por presencia de manchas, y también podría afectar la tasa de crecimiento de los árboles.

La poda de las ramas basales vivas permite controlar el tamaño del cilindro defectuoso y prevenir la formación de nudos sueltos. Podas severas realizadas a edades tempranas permiten minimizar el tamaño del cilindro defectuoso, pero implican una reducción importante del área foliar, variable relacionada con el crecimiento, ya que determina la capacidad del árbol de asimilar carbono, elemento básico para realizar fotosíntesis y producir carbohidratos (Pinkard and Beadle, 1998).

Los árboles tienen la capacidad de disminuir el impacto que produce la poda en el crecimiento, a través de respuestas fisiológicas que incrementan la producción de biomasa (Pinkard and Beadle, 2000). La respuesta fisiológica que ocurre luego de la poda, produce un incremento en la producción de biomasa, debido a cambios en las propiedades de las hojas, en la estructura de copa y, principalmente, en la capacidad fotosintética. Este tipo de respuesta ha sido reportado por diferentes autores. Pinkard *et al.* (1998) encontraron que *Eucalyptus nitens* aumentaba hasta en 170% su tasa fotosintética luego de la poda. Incrementos en la capacidad fotosintética también fueron encontrados en *Acacia melanoxylon* luego de una poda que redujo la copa en 50% (Medhurst *et al.*, 2006). Otra variable que se ha medido en respuesta a la poda es la conductancia estomática que generalmente presenta relaciones lineales, logarítmica o potencial con la capacidad fotosintética ((Medhurst *et al.*, 2006; Medrano *et al.*, 2002; Pinkard, 2003)

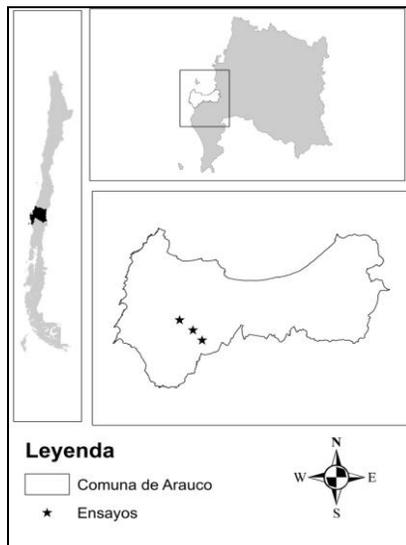
En Chile existen actualmente más de 1.200 ha de *Eucalyptus regnans*, superficie que en su mayoría está destinada a productos de madera de alto valor que requieren la ejecución de podas tempranas y severas en las plantaciones. Aunque esa actividad es habitual en plantaciones de esta especie, en el país se desconoce el efecto de la poda sobre la fisiología de los árboles. El objetivo del presente estudio es evaluar el efecto de diferentes severidades de poda en la tasa de asimilación de CO₂ y en el crecimiento en diámetro y altura, en plantaciones de *Eucalyptus regnans* de dos y tres años de edad, destinadas a la producción de madera libre de nudos, ubicadas en la costa de la provincia de Arauco, región del Bío Bío, Chile.

MATERIAL Y MÉTODO

Descripción del Área de Estudio

Se instalaron dos ensayos de severidad de poda en plantaciones de *E. regnans* de dos y tres años de edad, plantados los años 2009 y 2008, respectivamente. Ambos rodales fueron establecidos en el mes de octubre, con distanciamiento de 2,5 m sobre hilera y con 4 m y 6 m entre hileras, para el rodal de dos y tres años, respectivamente. En ambos casos, previo a la plantación se realizó un control de malezas mecánico y se fertilizó al momento del establecimiento. Las plantas de los ensayos tienen la misma procedencia.

Ambos ensayos se encuentran ubicados en la costa de la provincia de Arauco, Región del Bío Bío, Chile (Figura N° 1). El clima de la zona corresponde a templado lluvioso, con influencia mediterránea; la precipitación media anual es 1.330 mm, con un periodo seco de 3 a 4 meses, temperatura media anual de 13°C, con máximas de 23°C en enero y mínimas de 6°C en julio. El suelo del sector es del orden Alfisol, originado de terrazas marinas (serie Curanipe). Son suelos con textura franco-arcillosa y arcillosa en profundidad, estructura de bloques subangulares, muy plásticos y adhesivos en húmedo. La topografía es ondulada a quebrada.



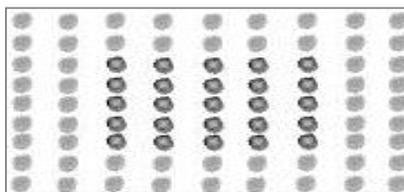
Izquierda: Chile continental
 Arriba derecha: Región del Bío Bío
 Abajo derecha: Comuna de Arauco

Figura N° 1
UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS

Diseño Experimental

En el rodal plantado en 2008 se estableció un ensayo con un diseño en bloques aleatorios completos, con cuatro tratamientos y tres repeticiones; la unidad experimental corresponde a una parcela de 81 árboles (9 hileras de 9 árboles), dos hileras de borde y 25 árboles en el núcleo o parcela de medición (Figura N° 2). En el rodal plantado en 2009, debido a su superficie pequeña, el ensayo se estableció con un diseño completamente al azar, con 15 árboles por tratamiento; la unidad experimental corresponde al árbol.

Cada ensayo incluye cuatro tratamientos de poda, consistentes en la remoción de 0, 30, 50 y 70% de la copa viva. La poda fue realizada entre los meses de septiembre y octubre de 2011. Detalles de las características de cada rodal y del los tratamientos de poda en cada ensayo son entregados en los Cuadros N° 1 y N° 2.



Gris claro: Árboles zona *buffer*
 Gris oscuro: 25 árboles parcela de medición.

Figura N° 2
UBICACIÓN DE LOS ÁRBOLES EN PARCELA
DEL ENSAYO ESTABLECIDO EN EL RODAL DE TRES AÑOS

Toma y Análisis de Datos

En cada ensayo se midió la tasa de asimilación de CO₂ o tasa fotosintética (A) en tres árboles de área basal cercana al promedio por cada tratamiento de poda.

Las mediciones se realizaron a lo largo de la copa, la cual se dividió longitudinalmente en cuatro secciones de 0 a 30%, 30 a 50%, 50-70% y 70 a 100%.

En el rodal plantado en 2008 las mediciones se realizaron a las 5, 12, 19 y 28 semanas después de la poda.

En el rodal plantado en 2009 las mediciones se realizaron previo a la poda y a las 6, 10, 14 y 18 semanas después de podado.

Además se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total (H), estas variables fueron medidas al momento de la poda y luego cada 3 meses en 3 oportunidades, con lo cual se obtuvo el incremento medio mensual tanto en DAP como en altura.

Las mediciones de intercambio gaseoso foliar se realizaron utilizando un IRGA (Infra Red Gas Analyzer) CIRAS-1 (PP Systems, Haverhill, MA). De cada sección de la copa se escogió una rama orientada hacia el norte, en la cual se midieron hojas de tres edades diferentes:

Follaje antiguo, correspondiente a follaje caracterizado por un color verde oscuro, presentando a veces amarillamiento, peciolo marrón y engrosado y el haz muy bien diferenciado del envés.

Follaje maduro, de color verde oscuro, totalmente expandido, con la cutícula bien desarrollada y peciolo de color rojizo

Follaje reciente, correspondiente a hojas de color verde claro, en proceso de expansión, con la cutícula en desarrollo y sin diferenciación entre el haz y el envés.

En los ensayos, no siempre fue posible encontrar las tres edades de follaje en cada sección de copa. En el rodal de dos años, en las 2 primeras mediciones, solo se midió follaje maduro y follaje reciente, los únicos presentes en los árboles; a partir de la medición de la semana 14 se comenzó a medir follaje antiguo.

En las mediciones se utilizó una concentración de CO₂ de 380 ppm, similar a la concentración que se observa naturalmente en la atmósfera, un flujo de 180 μmol/m²/s y una densidad de flujo de fotones de 1500 μmol/m²/s que se obtuvo mediante una fuente de luz externa.

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) y test de separación de medias, Tukey específicamente, para evaluar el efecto de la poda en el crecimiento y en la tasa de asimilación de CO₂. En el análisis se utilizó los procedimientos MIXED y GLM del software estadístico SAS. Cada ensayo fue analizado por separado y en ambos casos se analizó como un diseño anidado, donde la sección de copa está anidada dentro del tratamiento y la edad de follaje dentro de la sección de copa.

En el ensayo del rodal de tres años de edad, la variación debida a la hora de medición se incluyó dentro de los bloques, dividiendo el horario de medición en tres intervalos de tiempo (10-11:30; 11:30-12:30; 12:30-14 h, en primavera, y 9:30-10:30; 10:30-11:30; 11:30-12:30 h, en verano) y midiendo todos los tratamientos de cada bloque en el mismo periodo de tiempo (modelo 1). El porqué de la selección de este rango de horarios se explica más adelante. En el análisis del ensayo del rodal de dos años se utilizó como co-variable la hora del día en que se tomó la medición (modelo 2).

$$A_{ijklm} = \mu + B_i + T_j + S_{k(j)} + E_{l(k(j))} + e_{ijklm} \quad [1]$$

$$A_{jkl} = \mu + X + T_j + S_{k(j)} + E_{l(k(j))} + e_{jklm} \quad [2]$$

En el modelo [1], válido para el rodal de tres años de edad, A_{ijklm} es la tasa de asimilación de CO₂ de una hoja de un árbol en el bloque i, con tratamiento de poda j, en la sección de copa k y de edad l; μ es la media general.

En el modelo [2], válido para el rodal de dos años de edad, A_{jkl} es la tasa de asimilación de CO₂ de una hoja de un árbol, con tratamiento de poda j, en la sección de copa k y de edad l.

Cuadro N° 1
VARIABLES DE ESTADO DE CADA RODAL AL MOMENTO DE LA PODA

Año Plantación	Edad (años)	N	DAP (cm)	DMSM (cm)	H (m)	Hcv (m)
2008	3	660	8,9 (2,4)	13,3 (2,2)	8,4 (1,4)	0,20 (0,17)
2009	2	1000	8,0 (1,0)	12,5 (1,9)	6,5 (0,6)	0,09 (0,08)

N: Número de árboles por hectárea.
DAP: Diámetro a la altura del pecho.
DMSM: Diámetro máximo sobre muñón.
H: Altura total.
Hcv: Altura de inicio de la copa viva.
(): Desviación estándar de cada variable.

Cuadro N° 2
ALTURA PROMEDIO DE PODA Y ÁREA FOLIAR REMOVIDA SEGÚN TRATAMIENTO EN CADA ENSAYO

Tratamiento	T1		T2		T3	
	Altura de Poda	Área Foliar Removida	Altura de Poda	Área Foliar Removida	Altura de Poda	Área Foliar Removida
	(m)	(m ²)	(m)	(m ²)	(m)	(m ²)
2008	2,6	10,70	4,7	19,84	6,4	25,68
2009	2,0	9,55	3,1	12,35	4,6	14,84
Copa Viva Removida (%)	30		50		70	

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la Severidad de Poda en el Incremento Medio Mensual en Diámetro Altura Total

En ambos rodales se observa una disminución del incremento en DAP al aumentar la severidad de poda, variando desde 0,1 cm/mes a 3,5 cm/mes entre el tratamiento de 70% de remoción de copa y el testigo para el rodal establecido el año 2008 y desde 0,15 a 0,37 cm/mes para el rodal establecido el año 2009.

En el rodal establecido el año 2008 al remover un 30% de la copa se produce un aumento del incremento en DAP en comparación al testigo, lo cual se puede deber a que al remover esta porción de la copa se está eliminando principalmente follaje antiguo que no aporta a la productividad de la copa (Figura N° 3a).

Para el incremento en altura, sólo se observa una tendencia clara en el rodal establecido el año 2008, para el cual a mayor severidad de poda hay un menor incremento mensual en altura, variando desde 0,39 a 0,25 m/mes entre el testigo y el tratamiento de mayor severidad de poda (Figura N° 3b).

Pinkard *et al.* (2004) encontraron que para *E. nitens* no se ve afectado su crecimiento tanto en DAP como en altura al remover el 50% de su copa, en cambio para *E. globulus* es recomendable podar solo el 30% de la copa.

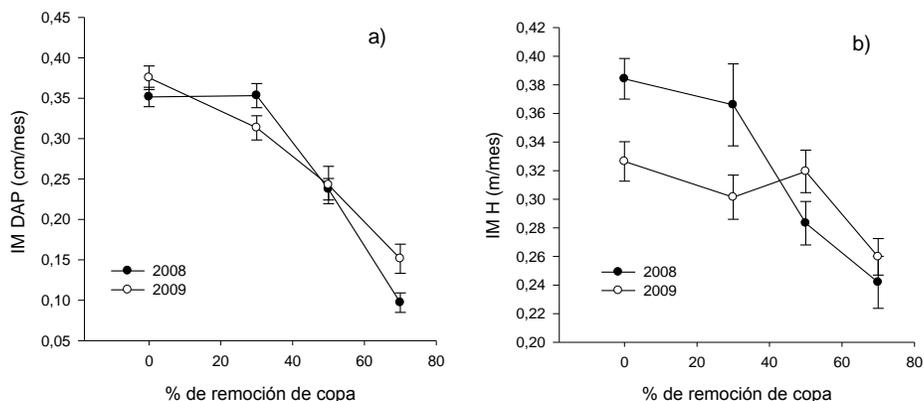


Figura N° 3
RELACIÓN ENTRE EL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE COPA
Y EL INCREMENTO MEDIO MENSUAL EN DAP Y ALTURA TOTAL

Efecto de la Severidad de Poda en las Tasas de Asimilación de CO₂

En general, independientemente de la edad del rodal, se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en las tasas de asimilación de CO₂ entre las diferentes edades de follaje (Cuadro N° 3 y Cuadro N° 4).

Cuadro N° 3
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL EFECTO DEL TRATAMIENTO DE PODA, EDAD DE FOLLAJE Y SECCIÓN DE COPA EN LA TASA DE ASIMILACIÓN DE CO₂ LUEGO DE 5, 12, 19 Y 28 SEMANAS DE REALIZADA LA PODA ENSAYO REALIZADO EN LA PLANTACIÓN DE TRES AÑOS DE EDAD

Semana (Día)	5(35)	12(84)	19(139)	28(202)
Efecto	Pr (F)	Pr (F)	Pr (F)	Pr > F
Bloque	< 0,0001(16,76)	0,0003(8,54)	0,0023 (6,41)	0,0001(10,51)
Tratamiento	0,0726 (2,37)	<0,0001(15,16)	<0,0001(17,02)	<0,0001(24,10)
Sección (tratamiento)	0,0014 (3,83)	0,2792(1,29)	0,0001(5,03)	<0,0001(15,43)
Edad (Tratamiento×Sección)	< 0,0001(5,43)	< 0,0001(2,35)	<0,0001(13,88)	<0,0001(17,78)

Cuadro N° 4
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL EFECTO DEL TRATAMIENTO DE PODA, EDAD DE FOLLAJE Y SECCIÓN DE COPA EN LA TASA DE ASIMILACIÓN DE CO₂ AL MOMENTO DE REALIZAR LA PODA Y LUEGO DE 6, 10, 14 Y 18 SEMANAS DE REALIZADA LA PODA ENSAYO REALIZADO EN LA PLANTACIÓN DE DOS AÑOS DE EDAD

Semana (Día)	0(0)	6(53)	10(78)	14(109)	18(142)
Efecto	Pr(F)	Pr(F)	Pr(F)	Pr(F)	Pr(F)
Hora	0,9461(0,00)	0,0040(8,83)	<0,0001(21,98)	0,0002(15,09)	0,5649(0,33)
Tratamiento	0,0872(2,29)	<0,0001(16,61)	<0,0001(11,14)	<0,0001(8,66)	<0,0001(8,40)
Sección (tratamiento)	0,6288(0,73)	0,6478(0,70)	0,0014(3,85)	0,0077(3,09)	0,2735(1,28)
Edad (Tratamiento×Sección)	<0,0001(35,1)	0,0054(3,63)	<0,0001(10,01)	<0,0001(15,67)	<0,0001(5,55)

Las hojas maduras presentaron la mayor tasa de asimilación de CO₂ (A), seguidas por el follaje reciente y en tercer lugar el follaje antiguo (Figura N° 4).

Estos resultados son concordantes con los obtenidos en estudios realizados en otras especies. Por ejemplo, Pinkard *et al.* (1998) en *Eucalyptus nitens* detectaron que en general el follaje antiguo presentó los menores valores de A, seguido por el follaje más reciente y luego por el maduro.

En *Acacia melanoxylo*n también se encontró que el follaje reciente presenta valores de A mayores al follaje antiguo (Medhurst *et al.*, 2006).

Las bajas tasas de A observadas en el follaje antiguo pueden explicarse, en parte, por la localización del mismo; la mayor parte de follaje antiguo se localiza en la parte baja de la copa, sección que recibe menor radiación, lo que determinaría una apertura incompleta de los estomas.

Estas bajas tasas también podrían deberse a una pérdida de la función en el follaje antiguo (England and Attiwill, 2006).

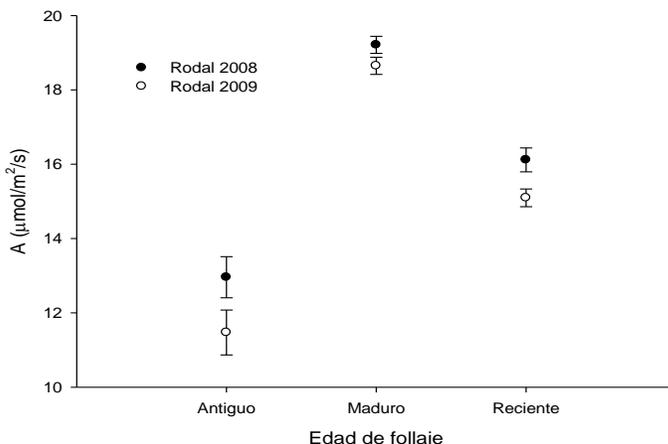


Figura N° 4
TASA DE ASIMILACIÓN DE CO₂ SEGÚN EDAD DE FOLLAJE PARA AMBOS RODALES

En ambos rodales, las variables fisiológicas observadas variaron ampliamente entre secciones de copa. En el rodal de 2 años, la tasa de asimilación de CO₂ fue mayor a mayor altura en la copa, en cambio en el rodal de 3 años los mayores valores los presentó la sección de copa 3 (50-70%) (Figura N° 5).

Los bajos valores de A presentados en la sección 1, pueden deberse a la gran cantidad de follaje antiguo presente y a la pequeña cantidad de luz que llega a esta sección de la copa; le sigue la sección 4 que es la más expuesta a la radiación y además es la zona donde se acumula la mayor cantidad de follaje reciente, el que aún no se ha desarrollado por completo y no se encuentra fotosintetizando a su máxima capacidad.

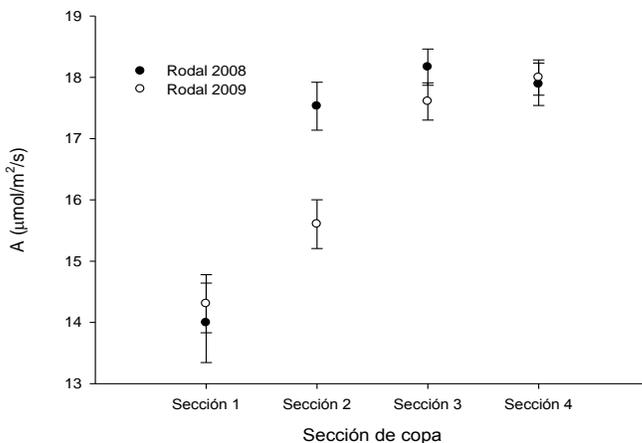


Figura N° 5
TASA DE ASIMILACIÓN DE CO₂ (A) SEGÚN SECCIÓN DE COPA PARA AMBOS RODALES

En ambos rodales se observa una amplia variación de la tasa de asimilación de CO₂ (A) entre tratamiento a lo largo del tiempo. En ambos rodales, los árboles del tratamiento testigo presentaron la menor tasa de asimilación de CO₂ en todas las instancias de medición (Figura N° 6 y Figura N° 7).

En el rodal de dos años después de realizada la poda, los árboles con 30, 50 y 70% de remoción de copa aumentaron sus valores de A (Figura N° 7).

Los mayores valores de A para ambos ensayos los presentaron los árboles del tratamiento con remoción de copa de 70% (T3) con valores hasta 50% mayores que los del tratamiento testigo, excepto en la última medición del rodal de dos años, donde el tratamiento con remoción de 50% de la copa, alcanzó los mayores valores (Figura 6 y Figura 7).

En general la magnitud de la respuesta en A a la poda fue mayor en el rodal de tres años.

El efecto del tratamiento de poda en las tasas de asimilación de CO₂ en el ensayo de tres años, solo fue significativo ($p < 0,05$) desde la semana 12 en adelante (Cuadro N° 3).

La alta significancia que muestra el efecto del bloque, afirma la necesidad de dividir en rangos de tiempo las mediciones, debido a la amplia variación que hay en las tasas fotosintéticas a lo largo del día.

En el rodal de dos años, la poda produjo un efecto significativo en la tasa fotosintética ($p < 0,05$) desde la segunda medición en adelante (Cuadro N° 4).

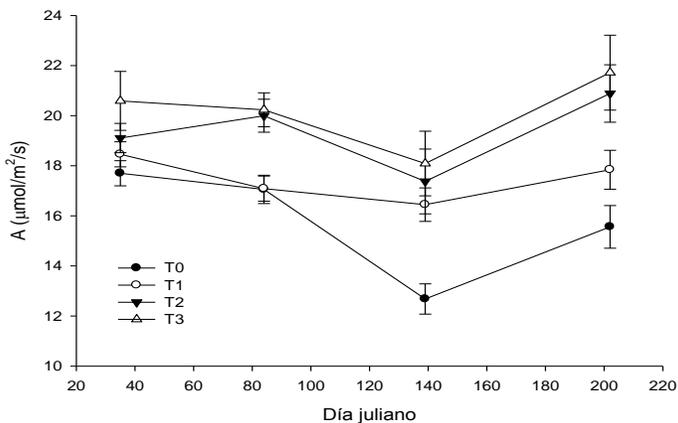


Figura N° 6
VARIABLES FISIOLÓGICAS EN EL ENSAYO REALIZADO EN LA PLANTACIÓN DE TRES AÑOS DE EDAD
5, 12, 19 Y 28 SEMANAS DESPUÉS DE REALIZADA LA PODA

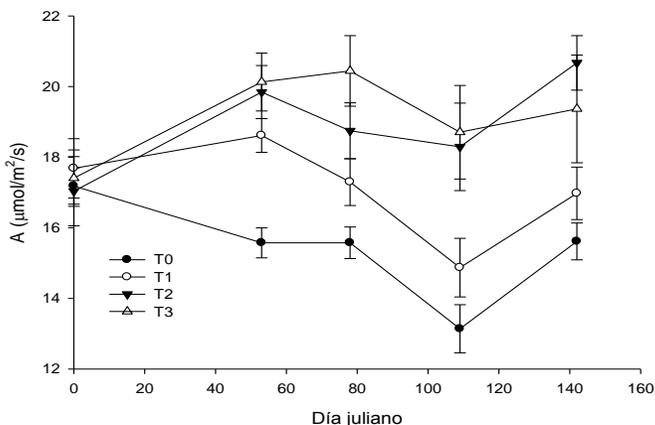


Figura N° 7
VARIABLES FISIOLÓGICAS DEL ENSAYO REALIZADO EN LA PLANTACIÓN DE DOS AÑOS DE EDAD EN EL MOMENTO DE REALIZAR LA PODA Y 6, 10, 14 Y 18 SEMANAS LUEGO DE LA PODA

En Australia se ha estudiado el efecto de la poda en la tasa fotosintética (A) de algunas especies de *Eucalyptus*, encontrando diversas respuestas. Mientras que Pinkard *et al.* (1998) encontraron que *Eucalyptus nitens* aumentaba hasta en 170% su tasa fotosintética luego de la poda, Forrester *et al.* (2012) encontraron solo un aumento de 19% en la tasa fotosintética 19 semanas luego de podar el 50% de la copa viva de *Eucalyptus nitens*. Incrementos en la capacidad fotosintética también fueron encontrados en *Acacia melanoxylon* luego de podar el 50% de su copa (Medhurst *et al.*, 2006). Contrariamente a lo que sucede en las especies mencionadas, Alcorn *et al.* (2008) encontraron que la poda del 50% de la copa viva de *Eucalyptus cloeziana* y *Eucalyptus pilularis*, no produce aumentos en las tasas de asimilación de CO_2 hasta 13 meses después de realizada la poda.

Pinkard *et al.* (1998) observaron que árboles de menor edad presentaban respuestas a la poda de mayor magnitud que un rodal de mayor edad, a diferencia de lo encontrado en este estudio, donde el rodal de tres años en general presentó una respuesta de mayor magnitud que el de dos años.

CONCLUSIONES

La poda de ramas vivas en *Eucalyptus regnans* aumenta la tasa de asimilación de CO_2 , A mayor severidad de poda, mayor tasa de asimilación.

La edad del follaje es determinante en las tasas de asimilación de CO_2 . En orden decreciente es más relevante el follaje maduro, el reciente y por último el antiguo.

La tasa de asimilación varía entre secciones de copa. En general se observa que los mayores valores de tasas de asimilación de CO_2 los presenta la sección de copa 3 (70-90%) y los menores la sección 1 (0-30%), pero las diferencias entre secciones no fueron significativas en todas las mediciones.

REFERENCIAS

- Alcorn, P. J.; Bauhus, J.; Thomas, D. S.; James, R. N.; Smith, R. G. B. and Nicotra, A. B., 2008.** Photosynthetic response to green crown pruning in young plantation-grown *Eucalyptus pilularis* and *E. cloeziana*. *Forest Ecology and Management* (2008) 255:3827-3838.
- England, J. and Attiwill, P., 2006.** Changes in leaf morphology and anatomy with tree age and height in the broadleaved evergreen species. *Eucalyptus regnans* F. Muell. *Trees - Structure and Function* 20:79-90.
- Forrester, D.I.; Collopy, J.J.; Beadle, C.L.; Warren, C.R. and Baker, T. G., 2012.** Effect of thinning, pruning and nitrogen fertilizer application on transpiration, photosynthesis and water-use efficiency in a young *Eucalyptus nitens* plantation. *Forest Ecology and Management* (2012) 266:286-300.
- Medhurst, J.; Pinkard, E.; Beadle, C. and Worledge, D., 2006.** Photosynthetic capacity increases in *Acacia melanoxylon* following form pruning in a two-species plantation. *Forest Ecology and Management* (2006) 233:250-259.
- Medrano, H.; Escalona, J.; Bota, J.; Gulías, J. and Flexas, J., 2002.** Regulation of Photosynthesis of C3 Plants in Response to Progressive Drought: Stomatal Conductance as a Reference Parameter. *Annals of Botany* (2002) 89:895-905.
- Pinkard, E., 2003.** Physiological and growth responses related to pattern and severity of green pruning in young *Eucalyptus globulus*. *Forest Ecology and Management* (2003) 182:231-245.
- Pinkard, E. A. and Beadle, C. L., 1998.** Effects of green pruning on growth and stem shape of *Eucalyptus nitens* (Deane and Maiden) Maiden. *New Forests* (1998) 15:107-126.
- Pinkard, E. and Beadle, C. A., 2000.** Physiological approach to pruning. *International Forestry Review* (2000) 2:295-303.
- Pinkard, E.; Beadle, C.; Davidson, N. and Battaglia, M., 1998.** Photosynthetic responses of *Eucalyptus nitens* (Deane and Maiden) Maiden to green pruning. *Trees-Structure and Function* (1998) 12:119-129.
- Pinkard, E.; Mohammed, C.; Beadle, C.; Hall, M.; Worledge, D. and Mollon, A., 2004.** Growth responses, physiology and decay associated with pruning plantation-grown *Eucalyptus globulus* Labill. and *E. nitens* (Deane and Maiden) Maiden. *Forest Ecology and Management* (2004) 200:263-277.

RESUMEN

El Instituto Forestal (INFOR), dentro de su búsqueda de nuevas especies para la forestación en el país y en especial de nuevas alternativas productivas para pequeños y medianos propietarios, ha desarrollado por ya casi dos décadas diferentes líneas de investigación con pino piñonero (*Pinus pinea* L.). Esta especie, originaria de la cuenca del Mediterráneo, ha sido motivo de interés desde el siglo XIX, cuando aparentemente colonos europeos la introdujeron al país, posteriormente a fines de ese siglo, cuando Federico Albert la empleó en sus trabajos de control de dunas costeras en la región del Maule, y más recientemente en los años 60 del siglo pasado, cuando INFOR la incluyó en algunos de sus ensayos de introducción de especies.

Pinus pinea prospera bien en el país entre las regiones de Valparaíso y La Araucanía y es una especie multipropósito, que puede producir madera, proteger los suelos y ser integrada en combinaciones silvopastorales, que permiten la crianza o engorda de ganado dentro de las plantaciones. Sin embargo, su producto de mayor interés son sus semillas, de alto valor y demanda en el mercado internacional de los llamados frutos secos.

Lo anterior motivó a INFOR a iniciar en años más recientes líneas de investigación sobre su silvicultura y manejo y a reintroducir la especie al país mediante plantaciones establecidas a partir de semilla local, colectada en antiguas parcelas de introducción de especies o pequeños bosquetes existentes en diferentes regiones del país, e importación desde Europa de colecciones de procedencias y progenies. Diversas investigaciones han sido realizadas, desde su propagación en viveros y el establecimiento de plantaciones hasta su manejo silvícola y la evaluación de su crecimiento y su producción de semillas, además de las propiedades de estas. En el presente trabajo se revisa las técnicas y la eficiencia en la cosecha de los frutos para la obtención de las semillas.

SUMMARY

The Chilean Forestry Institute (INFOR), researching on new forest alternatives in the country with especial attention on small and medium owners, has developed during the last 20 years different research lines on Stone Pine (*Pinus pinea* L.).

The species, native to the Mediterranean basin, was introduced to Chile apparently by European settlers during the XIX century. Later was used by Federico Albert in coastal dunes control works in the Maule region by the end of the century, and also was tried by INFOR in some species introduction trials during the 60s of the last century. The species grows well in Chile between the Valparaíso and La Araucanía regions. It is a multipurpose species, which can produce wood, protect soils and be integrated into agroforestry systems with cattle breeding, however, its more interesting product is the seed with a high value in the dry fruits international market.

¹⁰ Proyecto FONDEF Desarrollo de Técnicas de Manejo para Producir Piñones de Pino Piñonero (*Pinus pinea* L.). Una Opción Comercial Atractiva para Chile (D11I1134)

The above motivated INFOR to start more recently research lines on Stone Pine silviculture and management. INFOR has reintroduced the specie through planted forests established with local seeds, from old species introduction plots, small tree groups found in different regions in the country and provenances and progeny seed collections imported from Europe. Several research lines have been developed, from nursery and plantation establishment techniques to silvicultural management and growth and seed production evaluations. In the present paper harvesting techniques to obtain the seeds are reviewed.

INTRODUCCIÓN

El pino piñonero es una especie forestal originaria de la cuenca del mediterráneo, principalmente de países como España, Italia, Portugal y Marruecos, cuyo producto de mayor interés está dado por sus semillas o piñones, muy cotizadas internacionalmente en el mercado de los frutos secos y consecuentemente con un alto precio de comercialización.

La especie aparentemente fue introducida al país por colonos europeos durante el siglo XIX, posteriormente fue empleada por Federico Albert en sus diversos trabajos, principalmente de control de dunas en la región del Maule, a fines del siglo XIX e inicios del siglo XX. Más recientemente, en los años 60 del siglo pasado, la especie fue incluida en algunos de los numerosos ensayos de introducción de especies que el Instituto Forestal (INFOR) instaló entre las regiones de Coquimbo y Aysén en la búsqueda de nuevas especies forestales para la forestación en el país.

Los requerimientos ecológicos de la especie y la experiencia reunida indicaban que esta puede ser cultivada entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos, principalmente entre las de O'Higgins y La Araucanía, y especialmente en áreas cercanas a la costa. Esto, sumado al alto valor de sus piñones, motivó a INFOR a iniciar, hace ya casi dos décadas, un programa de investigación permanente en torno a la silvicultura, manejo y productividad del pino piñonero, trabajos que han sido posibles gracias al apoyo de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y del Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF) de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) del Ministerio de Educación, y a la colaboración de diferentes actores sectoriales tanto del ámbito público como del privado. Loewe y Delard (2012) dan una completa síntesis de los resultados obtenidos y la experiencia adquirida a través de diferentes líneas de investigación con esta especie.

El presente trabajo aborda, dentro del marco del Proyecto FONDEF Desarrollo de Técnicas de Manejo para Producir Piñones de Pino Piñonero (*Pinus pinea* L.), Una Opción Comercial Atractiva para Chile, aspectos relativos a la cosecha de pino piñonero, manual y mecanizada, actividad de gran importancia dada su incidencia en los costos de producción y en la calidad final del producto.

COSECHA DE CONOS EN *Pinus pinea* EN SUS PAÍSES DE ORIGEN

La cosecha de *Pinus pinea* se refiere al proceso de obtención de los conos o piñas maduras desde los árboles para la obtención del producto de mayor valor obtenido a partir de esta especie que son las semillas o piñones.

Esta faena se realiza entre noviembre y abril (Muñoz, s/f) en su zona de origen, extendiéndose en algunos casos hasta mediados de mayo cuando hay abundante producción o cuando, por razones climáticas, los brotes están demasiado frágiles y pueden dañarse (Peruzzi *et al.*, 1998).

En Portugal, el periodo de cosecha se extiende entre el 15 de diciembre y el 30 de marzo del año siguiente, de acuerdo a lo establecido en el Decreto Ley N°528/99 (Pinheiro, 2007).

Por su parte en España, el período legal de cosecha se inicia el 1 de noviembre de cada año, aunque varía según Comunidad Autónoma, y su realización fuera del período autorizado es penalizada, aun cuando es ampliamente conocido que la cosecha “informal” comienza antes del inicio de la temporada (Loewe y Gonzalez, 2012).

En Turquía las autorizaciones para esta faena nunca son anteriores al 10 de noviembre, concentrándose entre diciembre y últimas semanas de mayo en la región de Kozak, aun cuando es habitual que en otras regiones la cosecha se realice antes (Sülüsoglu, 2004). Loewe y Delard (2013) indican que en Turquía la cosecha se realiza entre los meses de octubre a febrero, siendo los últimos dos meses el período en que los conos se encuentran con una coloración café, signo de madurez, aunque últimamente se está cosechando a principio de la temporada, entre octubre y noviembre.

El año 2010, en Valladolid se autorizó la cosecha a partir del 11 de noviembre (Loewe y Gonzalez, 2012); en Andalucía, según Orden del 2 de noviembre de 1995, la época habilitada para la recogida de piñas de la especie es desde el 28 de noviembre al 31 de marzo, estando prohibida la recolección fuera de ese período (Gutiérrez, 2007). En Cataluña la regulación obliga a los recolectores a contar con una licencia anual para tal efecto, junto con la autorización escrita del propietario del bosque para realizar dicha faena, la que debe realizarse entre el 1 de noviembre y 15 de mayo del año siguiente; la cosecha fuera de dicho período está prohibida. Además, se exige dejar al menos 5 conos por árbol para garantizar la reproducción de la especie (Centre de la Propietat Forestal, 2009).

Es importante destacar que los costos en que se incurre durante la recogida o cosecha de la piña son los de mayor incidencia en el precio final del piñón (Junta de Andalucía, 2004).

Cosecha Manual

Corresponde al método de cosecha tradicional que ha permanecido invariable hasta hoy. Es realizada por los cosechadores de piña, llamados tradicionalmente “piñeros” (Márquez, 1992), operadores conocedores del oficio con un elevado grado de especialización. Estos la practican desde el suelo, en el caso de árboles de menor altura o de huertos injertados (Figura N° 1), o subiéndolo a la copa mediante escaleras o cuerdas y con la ayuda de ganchos amarrados a los tobillos (gancheros o “agarradores”), desprenden las piñas con la ayuda de largas varas de madera, que en su parte superior tienen un gancho en forma de media luna denominado “hocino o gorguz” (Europa) o “keye” (Turquía) (Sülüsoglu, 2004; Márquez, 1992) y trabajan usualmente sin elementos de protección (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2009). Existen registros de daños sufridos por orugas de la procesionaria del pino, que afectan la vista y provocan ronchas, principalmente en la cara (Ayuntamiento de Pedrajas de San Esteban, 2008).

En Portugal, esta operación además de ser peligrosa es de alto costo y es cada vez más difícil encontrar quien la realice (Barriguinha *et al.*, s/f), lo que también ocurre en los demás países productores. Según Castaño *et al.* (2004) el corto período de tiempo en que se desarrolla dificulta el aprendizaje del oficio, actualmente en declinación debido a la demanda por trabajos más estables, seguros y de menor esfuerzo físico, y por el costo creciente de la mano de obra.

La Junta de Andalucía (2004) indica que los piñeros profesionales trabajan toda la temporada, ya que compensan las dificultades de acceso a la piña con su mayor destreza para bajarlas del árbol, a diferencia de otros que participan del “floreo”, que consiste en la recogida de piña en rodales con mayor producción y de mejor accesibilidad.

En el caso de Turquía, la cosecha es realizada totalmente en forma manual y la realizan trabajadores que trepan a los árboles sin ningún sistema de seguridad y existen registros de caídas y muertes cada año. Ellos botan la piña al suelo con ayuda de un gancho adosado a una vara metálica de 3 m de largo (Loewe y Delard, 2013).

Respecto del nivel de producción alcanzado, se utiliza como variable para medir el rendimiento de la cosecha el peso de las piñas y antiguamente se media en “cargas”, que correspondían a 255 piñas (Ayuntamiento de Pedrajas de San Esteban, 2008). En la actualidad en Cataluña se registran rendimientos promedios de 200-300 Kg piña/jornada, llegando a 700-800 Kg en masas más productivas (Centre de la Propietat Forestal, 2009), esto equivale a 90 a 150 árboles/día (Torres *et al.*, 2009), lo que depende del predio y de la experiencia del piñero. En Turquía, el rendimiento es de un máximo de 1.000 Kg de piña/jornada y el salario es de US\$40/jornada (Loewe y Delard, 2013).



Figura N° 1
COSECHA MANUAL CON GORGUZ EN HUERTO
PROVINCIA DE VALLADOLID, ESPAÑA

Las legislaciones laborales de España e Italia exigen el uso de arneses de seguridad y la contratación de seguros contra accidentes, lo que encarece la faena, contribuyendo tanto a su sustitución por la mecanización como a la cosecha manual informal e ilegal, practicada principalmente por inmigrantes (Herrero¹¹, 2010, com. personal).

Además, una baja especialización en la cosecha tiene consecuencias negativas sobre los árboles al producir heridas en el fuste y afectar la producción de los dos años siguientes cuando se eliminan piñas de uno y dos años aún en desarrollo (Junta de Andalucía, 2004; Castro *et al.*, 2011).

Una vez que las piñas caen al suelo, los mismos piñeros o sus ayudantes las recogen y acopian en puntos llamados “piñeras”, que corresponden a zonas accesibles a los medios de transporte que las llevan a los puntos de procesamiento (Gutiérrez, 2007). Loewe y Delard (2013) observaron rendimientos de recogida en Turquía de 500-600 Kg/día, como promedio para cada recolector, labor que es desarrollada principalmente por mujeres, quienes acopian, ensacan y trasladan a puntos de acopio para su posterior transporte.

¹¹ Jorge Herrero, centro de Servicios y Promoción Forestal y de su Industria (CESEFOR), Castilla y León, España

Cosecha Mecanizada

La cosecha mecanizada consiste en provocar un movimiento vibratorio sobre el árbol, de manera de propiciar el desprendimiento de las piñas (Gutiérrez, 2007). Este método comenzó a utilizarse en Italia hace más de 30 años (Figura N° 2) y abarca casi el 70% de la producción del país, no existiendo grandes diferencias entre la recolección manual y mecanizada en cuanto a la producción de piñas y piñones, el crecimiento de la madera y la estabilidad de las plantas (Martínez-Zurimendi y Sierra de Grado, 2006).

El rendimiento medio alcanzado con este método en rodales españoles es de 793,4 Kg de piña/hora. Torres *et al.* (2009) indican rendimientos de 600 a 700 árboles/día utilizando cosechadores mecánicos. Si se compara con el método tradicional, este rendimiento es 8 a 15 veces superior en número de árboles y 5 a 6 veces superior en cantidad de piña obtenida (Martínez-Zurimendi y Sierra de Grado, 2006). En Cataluña el rendimiento medio de la cosecha mecanizada varía entre 3.000 y 5.000 Kg de piña/jornada, llegando en zonas más productivas incluso a 7.000-8.000 Kg/jornada (Centre de la Propietat Forestal, 2009). En Italia y Portugal se han obtenido rendimientos de hasta 1.000 Kg/hora (Junta de Andalucía, 2004).

En España es cada vez más frecuente la recolección mecanizada de piñas con máquinas vibratoras utilizadas en frutales (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2009), método que se masificó a partir de la temporada 2000/2001, principalmente por la necesidad de reemplazar la cosecha manual de alta peligrosidad para el trabajador, por la dificultad de encontrar recolectores experimentados y por el elevado costo de aquellos especializados que son cada vez más escasos. Ovando *et al.* (2008) mencionan además las mayores exigencias de seguridad laboral para quienes cosechan manualmente y la mayor productividad de la cosecha mecánica como factores determinantes de su masificación. Esta situación se repite también en Portugal, donde la cosecha mecanizada ha permitido disminuir los costos de producción del piñón y aumentar los niveles de seguridad laboral (Barriguiña *et al.*, s/f; Pinheiro, 2007). Pinheiro (2007) señala además que la cosecha mecánica es la vía más efectiva para reducir los costos de producción y lograr con ello que el piñón producido en Portugal sea competitivo en Europa.

El uso de vibratoras aumenta los rendimientos de cosecha de piña sin efectos negativos a los árboles si se las emplea correctamente (Pinheiro *et al.*, 2003a; Centre de la Propietat Forestal, 2009). Sin embargo, no se debe olvidar que la principal condicionante para su éxito no está solo en los altos rendimientos sino también en su cuidadoso uso, ya que junto con las piñas maduras existen piñas de uno y dos años, que de ser eliminadas se compromete la cosecha de los siguientes dos años (Pinheiro *et al.*, 2003b; Castro *et al.*, 2012).

Los equipos utilizados corresponden generalmente a cosechadores mecánicos creados para huertos frutales, que deben ser ajustados a las necesidades de cada especie (Castro *et al.*, 2012), y se los clasifica en equipos compuestos y compactos. Los primeros corresponden a tractores a los que se les acopla un cabezal de vibración durante la época de ejecución de la faena, permitiendo su uso en otras funciones el resto del año, los compactos, por el contrario, corresponden a máquinas diseñadas específicamente para el vibrado, de peso menor, pero menos usados debido a su menor versatilidad (Torres *et al.*, 2009).

La vibradora se mueve en bandas de 20-30 m de ancho, abarcando toda la superficie del rodal en que se trabaja o floreado solo los árboles más cargados. Existe un guía que indica al maquinista cuales árboles vibrar, en función de la cantidad de piñas. Tras ellos viene un grupo de recolectores, que recogen la piña del suelo y la llevan en cestos o baldes hasta lugares de acopio o vehículos.

La pinza se ubica a 1,5-2,0 m de altura del tronco, aunque en árboles de mayores dimensiones se trabaja hasta 4 metros de altura. Las pinzas pueden vibrar fustes de hasta 80 cm de diámetro, pero hay que considerar que a mayor dimensión del árbol menor eficacia del vibrado, lo que puede limitar por edad de los árboles la aplicación de cosecha mecanizada. La altura

habitual de trabajo fija también la altura de poda de limpieza del fuste (Torres *et al.*, 2009).

El tiempo y el rendimiento varían según la experiencia del operador y el tipo de maquinaria empleada (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2011). Las variables principales que se deben resguardar para que la cosecha mecanizada no cause daño sobre el árbol corresponden a la fecha o período en que se realiza y el vibrado, para este último, es fundamental controlar su frecuencia, amplitud y duración (Castro *et al.*, 2011), ya que se deben considerar las características dinámicas del árbol, logrando un equilibrio entre la efectividad de la cosecha y el daño causado (Castro *et al.*, 2012).



Figura N° 2
COSECHA MECANIZADA EN BOSQUE ADULTO
PISA, ITALIA

Estudios muestran que para el caso del pino piñonero el rango óptimo para la frecuencia es de $18,0 \pm 5,3$ Hz para lograr la cosecha de los conos de tres años y cuando la frecuencia es menor a 15 Hz se logra poco daño sobre el árbol, pero una cosecha de baja efectividad (Castro *et al.*, 2011). Castro *et al.* (2012) indican que una aceleración de $51,2 - 78,4$ m/seg², logra una cosecha promedio del 85,7% de los conos maduros, con un daño mínimo a los otros órganos del árbol.

Respecto al tiempo de vibrado, este debe ser menor a los 6 segundos, tiempo en el cual se logra cosechar los conos de tres años sin daños importantes en el resto de los órganos que deberían permanecer en el árbol (Castro *et al.*, 2011). Se sabe que durante los dos primeros segundos se cosecha la mayor cantidad de conos maduros, por ello se recomienda que el tiempo de vibrado sea muy corto o se realice en varias ocasiones de corta duración (Castro *et al.*, 2011), siendo recomendable utilizar dos vibraciones de corta duración, aumentando con ello el rendimiento en la cosecha y minimizando posibles daños sobre el árbol (Castro *et al.*, 2012).

El tiempo promedio de trabajo productivo para el maquinista es de 30,26 s/árbol, de los cuales 5,67 s corresponden al vibrado propiamente tal y la diferencia a labores complementarias (desplazamiento y posicionamiento) (Martínez-Zurimendi y Sierra de Grado, 2006), aun cuando estos tiempos se han reducido a 27,06 y 3,77 s/árbol, respectivamente (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2011), probablemente debido al avance tecnológico. En España se reglamentaría el proceso, para evitar que se vibre más de 3 s/árbol a fin de reducir la pérdida de piñas inmaduras de 1 y 2 años (Mutke¹², 2009, com. personal).

Un conocido productor de piñón en Italia cosecha las piñas vibrando 15 segundos distribuidos en 3 repeticiones de 5 segundos, proceso que considera más suave y que, según su experiencia, no afecta la producción de años posteriores, cosechando 200-300 árboles/jornada de 8 horas (Loewe y González, 2012). Esto coincide con lo expresado por Blanco *et al.* (2011), quienes afirman que dos vibraciones cortas aumentan la eficiencia de la cosecha sin incrementar el daño al árbol.

Sin embargo, existe preocupación por el efecto que puede provocar la maquinaria en el suelo, en la regeneración natural y en el árbol mismo. Hasta ahora las restricciones vigentes limitan el peso de las máquinas a 4 t por eje y el tiempo de vibración a 3 s/árbol, no pudiendo realizarse la faena durante heladas (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2009). El límite de peso se debe a los daños edáficos que produce la maquinaria de mayor tara, visibles por mucho tiempo; el suelo calizo se daña mucho si está húmedo, pero es menor el daño si está seco; en suelos arenosos las huellas quedan más marcadas, aumentando el daño si está muy seco o muy húmedo (Martínez-Zurimendi y Sierra de Grado, 2006). Según Peruzzi *et al.* (1998), la vibración no afecta negativamente las características cualitativas de la madera, pero hay que considerar que el terreno vibra hasta 20-30 m de distancia de la máquina, razón por la que, dependiendo de la textura del suelo, podrían alterarse las raíces.

También se ve restringido el uso de máquinas cuando la topografía es incompatible con la mecanización, cuando existen matorrales de grandes dimensiones que pueden dañar la máquina, cuando se protegen especies acompañantes de interés y cuando se busca recuperar los bosques mediante regeneración natural (Martínez-Zurimendi y Sierra de Grado, 2006). Pinheiro (2007) y Castro *et al.* (2010) agregan que esta faena debe realizarse con cuidado y bajo estrictos criterios, ya que la vibración también puede afectar los nuevos brotes o a las piñas de uno y dos años (Figura N° 3), comprometiendo la productividad de las próximas temporadas; Martínez-Zurimendi *et al.* (2009) estudiaron el efecto del vibrado entre noviembre y abril, y los resultados indican que este no influye en el crecimiento de los brotes.

Se ha observado que los árboles vibrados anualmente se desarrollan menos en altura y crecen más en diámetro que los cosechados en forma manual, no existiendo diferencias en la producción de piñón. Al analizar el vigor de los árboles evaluando el largo de brotes, se observa que la cosecha mecanizada afecta negativa y moderadamente el crecimiento del pino piñonero, disminuyendo la longitud de sus brotes, efecto más notorio en áreas de crecimiento vigoroso.

Al analizar su efecto en las principales plagas que afectan la especie en España, se ha encontrado que en el caso de *Tomicus piniperda* es directo, ya que este insecto prefiere atacar árboles vibrados por su pérdida de vigor; en cambio con la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) ocurre lo opuesto. Para el caso de *Rhyacionia buoliana* no hay diferencias entre ambos tipos de cosecha (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2009).

¹² Dr. Sven Mutke R. Centro de Investigación Forestal CIFOR, INIA, Madrid, España



Figura N° 3
PÉRDIDA DE BROTES POR EFECTO DE COSECHA MECANIZADA

García *et al.* (2009) indican que el uso de maquinaria para la cosecha también afecta la regeneración de plantas de menos de 20 cm de altura, existiendo registros de hasta 38,5% de mortalidad por esta causa. Existe también un número importante de plantas (53%) que, aun sin ver comprometida su supervivencia, han sufrido daños que pueden afectar su forma o crecimiento posterior. Estos valores corresponden al doble de la mortalidad que se produce en forma natural, lo que demuestra que la maquinaria daña la regeneración en bosques de *Pinus pinea*.

Los niveles de mortalidad y daño disminuyen a medida que aumenta la altura de las plantas, ya que un mayor porte permite que el operador las vea y esquive durante la faena. Los niveles de mortalidad y daños serían menores en plantaciones realizadas con distribución lineal y sistemática.

Pese a las aprehensiones respecto al efecto negativo de este método de cosecha, Pinheiro *et al.* (2003b), indican que, independiente de los aspectos que se deben mejorar para hacer más eficiente la colecta mecanizada, destaca la enorme ventaja de este tipo de cosecha respecto a la manual, dado el mayor número de piñas obtenidas por unidad de tiempo. Sin embargo, su conveniencia también depende del periodo del año.

Por ejemplo, en Portugal se realiza cosecha mecanizada durante diciembre, enero y los primeros días de febrero, pero después se continúa con cosecha manual para evitar pérdida de piñones porque las piñas se encuentran más secas (Loewe y Gonzalez, 2012).

Hay casos en que por otras razones, como por ejemplo la protección de fauna silvestre en Italia en la Residencia Presidencial de Castelporziano (Roma), se prohíbe el uso de cosecha mecanizada (Loewe y Gonzalez, 2012).

La recogida de piñas desde el suelo se hace de la misma forma indicada anteriormente, aunque también existe la opción de complementar la cosecha mecanizada con la recogida de piñas desde el suelo con equipos especializados, lo que resulta interesante en zonas de escasa disponibilidad de mano de obra y en huertos de grandes dimensiones.

De acuerdo a lo indicado anteriormente se puede decir que el uso de máquinas

vibradoras está limitado por algunos factores (Peruzzi *et al.*, 1998):

- Período: En primavera su uso puede causar daños importantes a la planta, porque sus brotes son muy frágiles. Además, la maduración de las piñas define su peso y humedad, y por lo tanto la facilidad con que se desprenden.
- Clima: Se debe evitar su uso en días muy fríos o en las primeras horas después de una helada, ya que las ramas en estas condiciones son frágiles y caen muchos ápices vegetativos y productivos.
- Modo de operación: El tiempo de vibrado debe ser acorde al diámetro de la planta (5-8 segundos).
- Diámetro del fuste: La máquina empleada debe tener relación con la dimensión de los árboles a cosechar.
- Distanciamiento entre plantas: Debe permitir la circulación de la maquinaria y por tanto este debe ser previsto desde el diseño de la plantación.
- Presencia de sotobosque.
- Presencia de enfermedades: Por ejemplo, los nidos de procesionaria caen fácilmente, desinfectándose las copas, pero el operador debe estar protegido para evitar daños.

En conclusión, la cosecha mecánica permite actuar con mayor inmediatez y en menor tiempo, aumentando la productividad y reduciendo significativamente su costo. Sin embargo, su potencial efecto negativo sobre el vigor de los árboles resalta la importancia de una adecuada aplicación, limitando la potencia de la maquinaria y los tiempos de vibrado, pero aprovechando las ventajas del sistema (Martínez-Zurimendi *et al.*, 2009).

Cosecha en Huertos

Las plantaciones injertadas constituyen un caso aparte. La conformación de sus árboles permite una fácil cosecha desde el suelo, que no requiere pineros especializados y se puede realizar con mano de obra contratada y vender la piña en cargadero, en vez de su adjudicación a "riesgo y ventura" en pie (Mutke *et al.*, 2000). De hecho, en la mayoría de las plantaciones injertadas la cosecha se realiza de forma manual utilizando un gorgoz desde el suelo.

La cosecha de huertos también puede realizarse utilizando máquinas vibradoras, para lo cual las ramas bajas de los árboles deben podarse durante los primeros años después del injerto, de manera de formar un fuste robusto, recto y cilíndrico, de al menos 2 m hasta la base de la copa, de modo de permitir un movimiento libre de la copa vibrada.

Además, fustes limpios en la base y un control adecuado de la maleza pueden garantizar una protección del huerto contra incendios ocasionales (Mutke *et al.*, 2007).

Pinheiro *et al.* (2003b) indican la importancia de la homogeneidad de las masas boscosas a cosechar, dado que, independiente que todos los individuos tengan la misma edad, presentan diferencias en altura, diámetro del fuste y de la copa, lo que obliga a dedicar un tiempo mayor a cada árbol, ya que tanto la frecuencia como la vibración deben ser reguladas de acuerdo a esas características.

No se han realizado estudios sobre el efecto del vibrado (cosecha mecanizada) sobre pinos injertados (Loewe y Gonzalez, 2012).

COSECHA DE *Pinus pinea* EN CHILE

Dadas las buenas perspectivas comerciales que tienen los piñones a nivel mundial, en los últimos años se ha incrementado el interés de propietarios de tierras en Chile por invertir en plantaciones con esta especie.

Las líneas de trabajo que INFOR desarrolla para pino piñonero incluyen la definición de protocolos para el establecimiento de plantaciones de *Pinus pinea*, su manejo posterior y la cosecha y procesamiento de los conos.

Se está trabajando en el análisis y evaluación de las distintas etapas del proceso, sin descuidar aquella de la cosecha, motivo de este documento, dada su gravitación en los costos y en la calidad del producto final.

Cosecha Manual

No existe en el país experiencia en la cosecha de esta especie y mucho menos personal especializado en esta actividad, por lo que se buscó apoyo en personal que realiza actividades similares y se contactó a escaladores que acostumbran subir a los árboles para actividades de colecta de semillas, polinización controlada u otras.

En el Cuadro N° 1 se indican algunos rendimientos de cosecha manual logrados hasta ahora por dos operarios.

Cuadro N° 1
RENDIMIENTO EN COSECHA MANUAL

Operario	Desde el Suelo	Escalado	Costo (\$/jornada)
	(árboles/jornada)		
1	20	4 a 8 (según grado de dificultad para escalar)	55.000
2	(No evaluado)	27 a 77 (según número de conos del árbol)	55.000

Como se observa en los datos recogidos, existen diferencias importantes entre ambos operadores, las que se explican por su experiencia como escalador (mayor en el caso de escalador 2) y al tipo de árboles cosechados.

El operador 1 trabajó en árboles de mayor tamaño, más irregulares y sin manejo (Figura N° 4). El operador 2 en tanto lo hizo en una plantación regular, con distanciamiento actual entre árboles de 7 x 7 m, ubicada en la Región del Maule (Toconey).

Es importante destacar que los rendimientos obtenidos utilizando esta técnica son menores a los registrados en otras latitudes, por lo que debe considerarse la necesidad de capacitar a operadores para esta faena en el caso que se decida utilizar este método para la cosecha.



Figura N° 4
ESCALADOR DURANTE FAENA DE COSECHA MANUAL DE CONOS MADUROS

Cosecha Mecanizada

El mercado de venta y servicio de máquinas cosechadoras de frutales está ampliamente desarrollado en el país y existe una amplia variedad de equipos que responde en forma diferenciada a las distintas especies en que se trabaja: nogales, almendros, pistachos y ciruelos, entre otras.

Se comercializan vibradores adaptables de diferentes marcas, con valores cercanos a € 25.000, y maquinaria completa norteamericana usada por unos US\$ 85.000 más impuesto puesta en el país. En el portal Red Agrícola (www.redagricola.com) se indica que el costo promedio en el país para un vibrador es de US\$150.000, dependiendo de la marca y su complejidad.

La experiencia en Chile utilizando esta tecnología en la cosecha de frutos secos es desde todo punto de vista muy positiva. Rosas (2011) indica que para especies como las indicadas el 60-70% de los costos totales de producción se asocia a la cosecha y, dado que la mano de obra es cada vez más escasa y costosa, es de vital importancia mecanizar la faena. El autor agrega que se puede lograr pleno éxito en la operación, pero que se debe tener en cuenta que parte importante de dicho éxito depende de los manejos de adaptación de la plantación y/o huerto a la cosecha mecanizada.

Como se ha indicado anteriormente, los vibradores constituyen una alternativa adecuada para la cosecha de *Pinus pinea*, logrando una alta efectividad y un daño reducido, lo que se logra al regular variables de la máquina y capacitando a sus operadores.

INFOR contactó a algunas empresas del rubro, las cuales manifestaron su interés en realizar pruebas con pino piñonero en el país, especialmente por la posibilidad que se presentaría de poder utilizar estas máquinas (*shakers*) en periodo de receso de los frutales y optimizar así el uso de las máquinas durante el año.

Después de varias consultas, se analizó la situación con dos empresas (Empresa Maquinarias Agrícolas C y H S.A. y Empresa Aquitania Equipos) y fueron programadas las visitas a terreno correspondientes.

Existen importantes variables a evaluar, tanto respecto de las máquinas como de los árboles y de los resultados de las cosechas, por lo que para eventuales pruebas de cosecha mecanizada se buscó formaciones de la especie con una producción interesante que permitiera hacer estas pruebas en terreno con las maquinarias disponibles en estas empresas y se preparó un formulario *ad hoc* para registro y resultado de cosecha.

Empresa Maquinarias Agrícolas C y H SA

La empresa trabaja con la premisa de buscar permanentemente alternativas de cosecha mecanizada que sean más económicas, menos riesgosas, más eficaces y rápidas, concentrando su accionar a través del uso de máquinas vibradoras del tipo *side by side*, compuesta por dos unidades que pueden medir hasta 7 m de largo por 2,5 m de ancho, y que deben trabajar coordinadas para el vibrado y la recogida de la fruta (Figura N° 5).

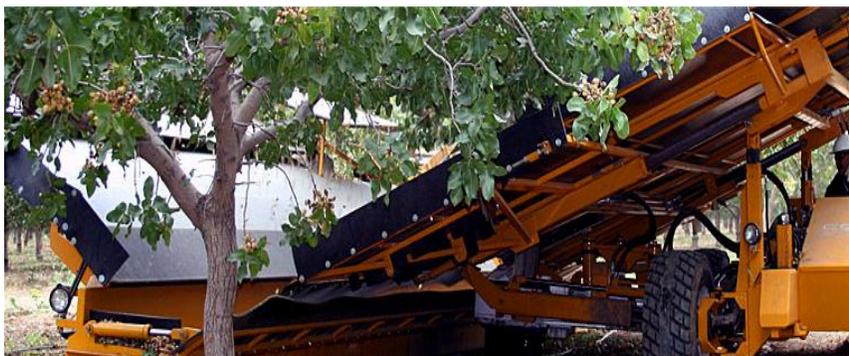


Figura N° 5
MÁQUINA COSECHADORA SISTEMA *SIDE BY SIDE*

Estas máquinas permiten automatizar todo el proceso, permitiendo programar las variables para el remecido (tiempos de apriete del tronco y potencias de vibrado) en un computador.

La máquina utiliza pinzas propulsadas por un sistema hidráulico, que minimiza el daño a los árboles dado que las pinzas están equipadas con tacos de goma o rellenas con un sistema de aire que mantiene fría el área de fricción.

Profesionales de INFOR, en compañía del Gerente de Operaciones de la empresa, visitó un ensayo ubicado en la localidad de Cahuil, Pichilemu, Región de O'Higgins. Se trata de una plantación raleada con un espaciamiento de 4 x 4 m después del raleo (Figuras N° 6).

Al analizar la situación topográfica del área en que está instalado el ensayo, el profesional de la empresa indicó de inmediato la imposibilidad de ingresar la maquinaria de que ellos disponen, dada la inestabilidad que produciría el no contar con apoyo para todas las ruedas en forma simultánea debido al lomaje y la pendiente del sector.

Al continuar con la evaluación, se verificó también la dificultad de transitar por entre los árboles, dado el distanciamiento que existe, que aunque es considerable, no está exactamente en hileras, ya que se realizó un raleo diagonal (Figura N° 7).



Figura N° 6
VISTA GENERAL DEL ENSAYO CAHUIL



Figura N° 7
ANALIZANDO LAS CONDICIONES DEL ENSAYO QUE DIFICULTAN LA ENTRADA DE LA MAQUINARIA

No fue posible efectuar las pruebas de cosecha mecanizada debido a las condiciones del terreno y el espaciamiento entre árboles, sin embargo la empresa reitera su interés en realizarlas en plantaciones o huertos que lo permitan.

En el mismo sector INFOR tiene un ensayo de progenies, que fue establecido con un distanciamiento similar al ordenamiento que se persigue en huertos frutales, este fue visitado también con el profesional de la empresa quien indicó que en este caso no habría inconvenientes en la realización de las pruebas.

Sin embargo estos árboles aún no entran en la etapa de producción por lo que las pruebas se efectuarían más adelante, cuando estos tengan 14 a 15 años.

Empresa Aquitania Equipos

Esta empresa cuenta con instalaciones en distintas regiones, una de ellas en la Región de Valparaíso, localidad de Casablanca, y es representante y distribuidora en Chile de OMC (*Orchard Machinery Corporation*), una de los principales fabricantes de cosechadores mecanizados a nivel mundial. Sus máquinas se caracterizan por contar con el sistema FAST (*Fully Automated Shaker Technology*), que permite simplificar la operación reduciendo los tiempos de trabajo, disminuyendo el daño al árbol y haciendo un uso eficiente del combustible, elementos de importancia para la productividad de la faena (Figura N° 8).

Profesionales de INFOR, en compañía de un experto de la empresa, visitaron plantaciones adultas de la especie en el sector de Peñuelas y parcelas de procedencias en el sector de Casablanca. Las primeras corresponden a antiguas parcelas de introducción de especies de INFOR, ubicadas en la reserva Forestal Peñuelas, y las segundas a ensayos más recientes establecidos dentro de las líneas de investigación de INFOR sobre pino piñonero, en el sector La Vinilla, comuna de Casablanca.



Figura N° 8
COSECHADORES DISPONIBLES EN CHILE DISTRIBUIDAS POR AQUITANIA EQUIPOS

En la visita a las plantaciones de Peñuelas, que no han sido manejadas y presentan un espaciamiento medio actual de 4 x 3 m (Figura N° 9), quedó de inmediato en evidencia la imposibilidad de emplear la máquina; la falta de poda no permite apoyar la pinza en el tronco y el espaciamiento de la plantación no da el espacio necesario para los desplazamiento de la vibradora. Otro inconveniente señalado por el experto de la empresa está dado por el diámetro de los fustes, en algunos casos mayor a 80 cm, que es el diámetro máximo para la pinza. El sector es de lomajes suaves, por lo que desde el punto de vista topográfico no habría limitaciones.



Figura N° 9
VISITA GENERAL DE ENSAYO PEÑUELAS

El ensayo del sector de Casablanca en tanto, fue plantado a un espaciamiento de 2 x 3 m y posteriormente raleado y podado. El espaciamiento actual es de 4 x 4 m aproximadamente (Figura N° 10). En este caso el experto de la empresa indicó que no habría limitaciones dadas por la topografía y que la intervención de poda realizada era adecuada para la aplicación de las pinzas de la máquina, sin embargo el espaciamiento es aún muy estrecho y no permite el ingreso y desplazamiento de esta.



Figura N° 10
VISITA GENERAL DE ENSAYO CASABLANCA

COMENTARIOS FINALES

Está disponible en el país la tecnología para poder implementar la cosecha mecanizada de *Pinus pinea* en futuras plantaciones con fines comerciales.

Independientemente de la imposibilidad de realizar las pruebas en los ensayos existentes, hay un interés real de las empresas que comercializan y rentan este tipo de maquinaria, dado que les permitiría utilizarlas en una época distinta a la habitual y por lo tanto les permitiría optimizar su uso durante el año.

El sistema de cosecha manual presenta rendimientos muy bajos comparados con los registros de otros países, por lo que se hace evidente la necesidad de capacitar a algunos operarios, para los casos en que no exista otra alternativa para realizar la cosecha.

Las visitas de los expertos de las empresas, que pueden proveer las máquinas o prestar el servicio de estas, permitieron individualizar los requerimientos básicos de topografía y manejo silvícola a cumplir con las plantaciones para hacer posible la cosecha mecanizada.

El factor más crítico en las plantaciones visitadas fue el espaciamiento entre árboles, no obstante que la topografía también lo fue en uno de los casos. Otros factores importantes a considerar son los diámetros máximos de los árboles, la necesidad de poda del fuste y la extracción de material residual de raleos y podas para permitir un expedito desplazamiento de la máquina.

Los protocolos de establecimiento y manejo de las plantaciones, así como de la selección del sitio, deberán considerar estos factores que condicionan la posibilidad de efectuar cosechas en forma mecanizada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ayuntamiento Pedrajas de San Esteban, 2008. Tradición Piñonera. [En línea] www.pedrajas.org [Consulta: 21-12-2010].

Barriguiha, A.; Pinheiro, A.; Gonçalves, A.; Dias, S.; Ribeiro, N.; Vacas De Carvalho, M. y Gomes, A., s/f. Avaliação do Desempenho de um Vibrador Mecânico na Colheita de Pinha (*Pinus pinea* L.). [En línea] <http://www.esac.pt/cernas/cfn5/docs/T1-12.pdf> [Consulta: 10-8-2011].

Blanco, R. G.; Castro, G. S. and Gil, R. J., 2011. Effects of Vibration Duration and Repetitions on Efficiency and Tree Damage of Mechanical Harvesting for *Pinus pinea* L. Agropine International Meeting on Mediterranean Stone Pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 Noviembre 2011.

Castaño, J.; Estirado, M.; Abellanas, B.; Butler, I.; Cosano, I.; Luengo, J.; García, J. y Candela, J., 2004. Puesta en Valor de los Recursos Forestales Mediterráneos. El Injerto de Pino Piñonero (*Pinus pinea* L.). Manuales de Restauración Forestal No 9. 248 p.

Castro, S.; Blanco, G. and Gil, J., 2010. Suitability of *Pinus pinea* L. Pine Cone for Selective Mechanical Harvesting by Vibration. Actas de la International Conference on Agricultural Engineering: Towards Environmental Technologies. Clermont-Ferrand, Francia. Pp. 88.

Castro, S.; Blanco, G. and Gil, J., 2011. Frequency Response of *Pinus pinea* L. for Selective Cone Harvesting by Vibration. *Trees* 25: 801-808.

Castro, S.; Blanco, G. and Gil, J., 2012. Vibrational and Operational Parameters in Mechanical Cone Harvesting of Stone Pine (*Pinus pinea* L.) *Biosystems Engineering* 112: 352-358.

Centre de la Propietat Forestal, 2009. Silvicultura del Pi Pinyer per a Produccio de Fusta i Pinya. 20 p.

García, M.; Torres, M. J.; Gordo, J.; Finat, L. y Martínez, P., 2009. Daños sobre la Regeneración de *Pinus*

- pinæ* L. Provocados por el Aprovechamiento Mecanizado de Piña en Montes Públicos de la Provincia de Valladolid. V Congreso Forestal Español. SECF, Junta de Castilla y León.
- Gutiérrez, P., 2007.** Análisis del Sector de la Piña y el Piñón y sus Aprovechamientos en Andalucía. Trabajo Profesional Fin de Carrera, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba, España. 355 p.
- Junta de Andalucía, 2004.** El Injerto de Pino Piñonero (*Pinus pinea* L.). Puesta en Valor de los Recursos Forestales Mediterráneos. Consejería de Medio Ambiente (Ed.). Manual de Restauración Forestal N° 9, 248 p.
- Loewe, V. y Delard, C., 2012. (Eds.)** Un Nuevo Cultivo para Chile, el Pino Piñonero (*Pinus pinea* L.). Instituto Forestal, Chile. 361 pp.
- Loewe, V. y Delard, C., 2013.** Informe sobre Actividades Realizadas en Gira Técnica sobre el Piñón del Pino Piñonero (*Pinus pinea* L.) a Turquía e Israel. Instituto Forestal, Santiago, Chile. 59p.
- Loewe, M. V. y González, M., 2012.** Apuntes Sobre una Gira de Estudio sobre el Piñón del Pino Piñonero (*Pinus pinea*) a Italia, España y Portugal. Ciencia e Investigación Forestal 18 (1).
- Márquez, D., 1992.** Pervivencia de los Viejos Oficios de Doñana: Los Piñeros. Huelva en su Historia v.4: 391-403.
- Martínez-Zurimendi, P. y Sierra De Grado, R., 2006.** Posibilidades del Aprovechamiento Mecanizado de Piña. Universidad de Valladolid. ETSIA. Dpto. Producción Vegetal y Recursos Forestales. VII Jornadas de Selvicultura de PROFOR, Valladolid. "Gestión de Masas Naturales de Piñonero para Fruto y Técnicas de Cultivo". 7 p.
- Martínez-Zurimendi, P.; Moreno, H.; Pando, V.; Domínguez, M.; Ambrosio, Y. and Sierra De Grado, R., 2011.** Yields of the Mechanized Harvest of Pine Nuts. Agropine 2011 International Meeting on Mediterranean Stone Pine for Agroforestry. Valladolid, España, 17-19 Noviembre 2011.
- Martínez-Zurimendi, P.; Álvarez, J.; Pando, V.; Domínguez, M.; Gordo, J.; Finat, L. y Sierra De Grado, R., 2009.** Efectos del Vibrado del Pino Piñonero (*Pinus pinea* L.) en el Vigor de los Árboles: Densidad de Copa, Crecimiento de Guías y Parásitos de Debilidad. Inv. Agr.: Sist. Rec. For. 18 (1): 50-63.
- Muñoz, M. M., s/f.** Proceso de Elaboración del Piñón Castellano. Piñones Import-Export'97 S.L., Pedrajas de San Esteban (Valladolid).
- Mutke, S., Diaz, B. L. y Gordo, J., 2000.** Análisis Comparativo de la Rentabilidad Comercial Privada de Plantaciones de *Pinus pinea* L. en Tierras Agrarias de la Provincia de Valladolid. Inv. Agr.: Sist. Rec. For. 9 (2) 269-303.
- Mutke, S.; Calama, R.; Gordo, J.; Alvarez, D. and Gil, L., 2007.** Stone Pine Orchards for Nuts Production: Which, Where, How? Nucis Newsletter 14: 22-25.
- Ovando, P.; Campos, P.; Calama, R. y Montero, G., 2008.** Rentabilidad de la Forestación de Tierras Agrícolas Marginales con Pino Piñonero (*Pinus pinea* L.) en la Provincia de Valladolid. En: Actas de la III Conferencia de la Asociación Hispano Portuguesa de Economía de los Recursos Naturales y Ambientales (AERNA). Palma de Mallorca, 4 a 6 de junio 2008. Pp. 1-48.
- Peruzzi, A.; Cherubini, P.; Gorreri, L. y Cavalli, S., 1998.** Le Pinete e la Produzione dei Pinoli dal Passato ai Giorni nostri, nel Territorio del Parco di Migliarino, S. Rossore, Massaciuccoli. Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli. 134 p.
- Pinheiro, A., 2007.** Colheita Mecânica de Pinha do Pinheiro Manso (*Pinus pinea* L.). Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas, Departamento de Engenharia Rural. [En línea]. <http://www.alentejolitral.pt/Downloads/Ambiente/Colheita%20mecanica%20da%20pinha%20do%20pinheiro%20manso.pdf> [Consulta: 13-4-2009] 3 p.
- Pinheiro, A. C.; Peca, J. O. y Reynolds, D., 2003a.** Concepcao e Utilizacao de um Vibrador Multidireccional na Colheita Mecânica de pinha (*Pinus pinea* L.). VI Congresso Ibero-Americano de Engenharia. Coimbra, Portugal.
- Pinheiro, A. C.; Peca, J. O.; Goncalves, A. C.; Ribeiro, N .A.; Vacas de Carvalho M. A.; Fragoso, M. R.; Gomes, J. A.; Dias, S. S.; Barriguiha, A. F.; Reynolds de Souza, D. y Diaz, A. B., 2003b.** Utilizacao de um Vibrador Multidireccional na Colheita Mecânica de Pinha (*Pinus pinea* L.). I Simposio Nacional de Engenharia

Rural. Lisboa, Portugal.

Rosas, F., 2011. Situación Actual en Chile y el Mundo de la Cosecha Mecanizada de Frutos Secos. Exponut 2011. 04 junio. Santiago, Chile.

Sülüsoglu, M., 2004. The Management of Villagers Owned Stone Pine (*Pinus pinea* L.) Plantations in Kozak Region, Turkey, a case study. FAO Working Paper, 48 p.

Torres, M. J.; García, M.; Finat, L.; Gordo, J. y Martínez, P., 2009. Maquinaria Empleada en la Recolección Mecanizada de Piña de *Pinus pinea* L. en la Provincia de Valladolid en la Campaña 2006/2007. V Congreso Forestal Español. SECF, Junta de Castilla y Leon.

RESUMEN

Se entrega antecedentes sobre el recurso existente de *Acacia saligna* en la Región de Coquimbo en Chile, su adaptación fisiológica y la experiencia histórica en el manejo silvícola para la producción de forraje para ovinos y caprinos.

Se proporciona también información reciente sobre nuevas investigaciones del potencial alimentario para la producción de harinas a través del procesamiento de sus semillas basado en la experiencia del *Wattle Seed* en Australia como innovación tecnológica.

Esta investigación es parte del proyecto Harinas Funcionales de *Acacia saligna* financiado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

Palabras claves: *Acacia saligna*, semillas, forraje, alimentos, harinas.

SUMMARY

Background on the existing resource of *Acacia saligna* in the Region of Coquimbo in Chile and physiological adaptation and experience in forestry management for forage production mainly for sheep and goats are provided.

Latest information on new research in the food production potential of flour by seed processing is based on Australia Wattle Seed industry is reviewed.

This research is part of the project Functional Flours of *Acacia saligna* Seeds granted by the Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

Palabras claves: *Acacia saligna*, forage, food, wattleseeds, functional foods, flours.

INTRODUCCIÓN

Acacia saligna es una especie que en Chile se usa principalmente en la zona semiárida, particularmente en la Región de Coquimbo, donde se ha promovido la forestación con el objetivo de recuperar suelos degradados, producir forraje para el ganado y leña y controlar erosión (Perret y Mora 2001).



31° 37' 38" LS. 71° 33' 03" Longitud Oeste. 23 msnm
(Fotos: P. Rojas)

Figura N° 1
PLANTACIONES Y TRABAJOS DE CONTROL DE DUNAS EN PREDIO HUENTELAUQUÉN
PROVINCIA DEL CHOAPA, REGIÓN DE COQUIMBO

Las plantaciones se extendieron en la zona semiárida como consecuencia del Decreto Ley 701 que promulgó el Estado de Chile en 1974 y que proporcionó incentivos estatales de hasta el 75% el costo total de establecimiento de las plantaciones forestales hasta el año 2012 y cuya extensión está en estudio.

En la actualidad se estima que la superficie plantada con la especie en la Región de Coquimbo es de 7.500 ha (Gonzalez, 2014).

La mencionada ley tuvo por objeto regular la actividad forestal en suelos de aptitud preferentemente forestal y en suelos degradados e incentivar la forestación, en especial por parte de pequeños propietarios forestales.

Acacia saligna es una especie exótica en Chile, originaria de la zona semiárida de Australia (*Wheat belt*), apropiada para condiciones de sequía por sus mecanismos de adaptación fisiológicos; forma y distribución de los estomas y un profundo sistema radicular que le permiten acceder a acuíferos del subsuelo y soportar prolongados períodos secos.

Es una especie leguminosa pionera en la sucesión vegetal, que fija nitrógeno atmosférico mejorando las propiedades físicas y químicas de los suelos y su fertilidad, lo que puede facilitar la posterior reforestación con especies nativas.

Este recurso forestal representa un potencial alimentario importante ya que sus semillas podrían ser cosechadas y procesadas para la producción de harinas con características funcionales y nutracéuticas según experiencias de *Wattle Seed* en Australia y otras experiencias desarrolladas por *World Vision* en Etiopía (Yates, 2014).

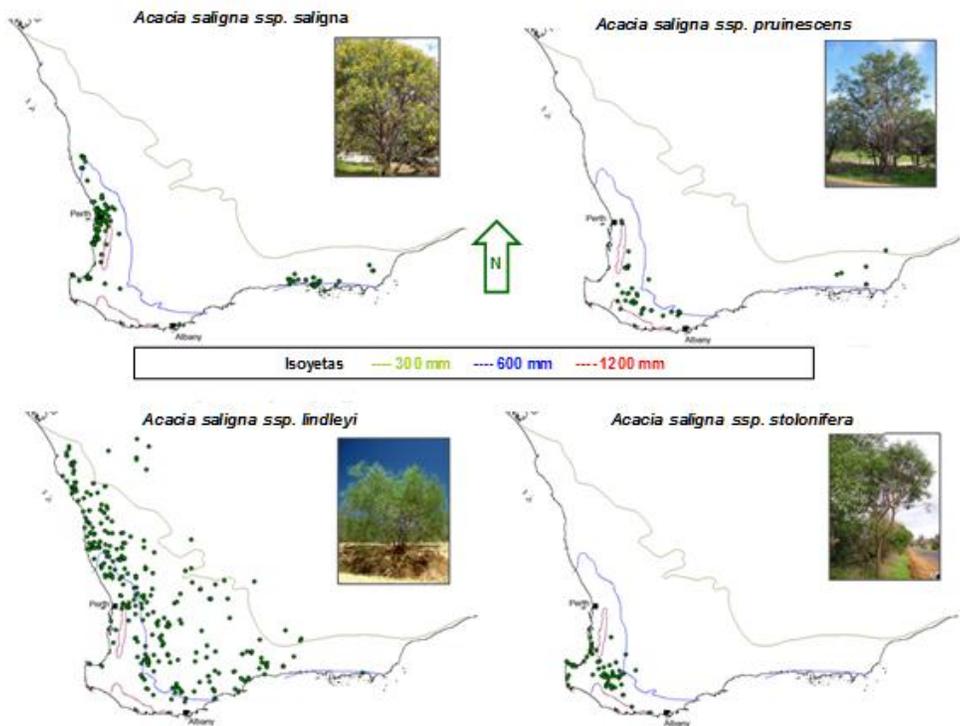
EL RECURSO FORESTAL

Acacia saligna es extremadamente polimórfica en características fenotípicas, como hojas, corteza y hábito de crecimiento, y también en atributos ecológicos y biológicos. Es una especie endémica del suroeste de Australia donde ocurre naturalmente en zonas con precipitaciones anuales entre 250 a 1.200 mm.

La investigación taxonómica indica que la variación polimórfica de *A. saligna* se ajusta a cuatro sub especies referidas en Mc Donald *et al.* (2007) y en otras publicaciones:

Acacia saligna ssp. *saligna* como la variedad "cyanophylla"
Acacia saligna ssp. *pruinescens* como la variedad "Tweed River"
Acacia saligna ssp. *lindleyi* como la variedad "típica"
Acacia saligna ssp. *stolonifera* como la variedad "forestal".

La variación intraespecífica y los hábitos de crecimiento asociados a las subespecies se pueden apreciar en la Figura N° 2.



(Fuente: Adaptado de Maslim, 2011)

Figura N° 2
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA NATURAL DE LAS SUBESPECIES DE *Acacia saligna*
EN WESTERN AUSTRALIA

Esta clasificación taxonómica, que radica en las características morfológicas y el hábito de crecimiento de las subespecies, resulta de interés para la posible domesticación de la especie y su utilización productiva, desde el punto de vista de la selección de las mejores subespecies y procedencias y su mejoramiento genético posterior para un fin productivo específico.

Por ejemplo, aquellas subespecies que tienen como mecanismo de propagación vegetativa la multiplicación por estolones presentan desventajas para la producción de biomasa, por la generación de múltiples vástagos, sin embargo son altamente deseables si el objetivo de producción fuera el forraje para los animales ya que permitirían aumentar la biomasa accesible.

Las observaciones de campo muestran que la subespecie *Acacia saligna* ssp. *pruinescens* tienen baja ocurrencia de propagación por estolones, en cambio esta característica es muy común en la subespecie *Acacia saligna* ssp. *stolonifera*.



(Fuente: Adaptado de Maslim, 2011)

Figura N° 3
DIFERENCIACIÓN DE YEMAS FLORALES, RACIMOS JUVENILES Y FLORES EN ÁNTESIS
EN *A. saligna* ssp. *saligna*

EL RECURSO FORRAJERO

Acacia saligna es considerada una especie de rápido crecimiento, alcanza 8 m de altura 4 a 5 años después de la plantación en sitios con escasas limitantes. En ensayos de secano en el norte de Chile se han observado incrementos anuales en altura entre 30 - 71 cm.

Su crecimiento es menor en condiciones de sequía prolongada, por lo tanto su producción es variable alcanzando entre 1,5 a 10 m³/ha, según las condiciones de sitio, en rotaciones de 5 a 10 años y manejo de monte bajo.

Los objetivos de producción de *Acacia saligna* son esencialmente como alimento suplementario o de emergencia para el ganado en períodos prolongados de sequía, sombra para los animales y protección y estabilización de suelos degradados.

Sin embargo, existen grandes variaciones en el valor nutricional de esta especie leguminosa, debido probablemente a su variabilidad genética y al desconocimiento de la subespecie presente en las plantaciones en Chile (O'Sullivan¹³, Comunicación Personal, 2005).

¹³ Wayne O'Sullivan: Western Australia Government Department

La densidad de plantación recomendada para el sistema silvopastoral es de 4 x 3 m (833 árb/ha). Mientras mayor es la distancia entre hileras, mayor es la producción de pastos perennes, hierbas y cultivos.

Usualmente son posibles distancias entre hileras de 6 a 10 m, en el primer caso hay una mayor proporción de forraje arbustivo entre las filas de Acacia y en el segundo la proporción de forraje es mayor entre las hileras de Acacia.

En la silvicultura tradicional las podas están destinadas fundamentalmente a la producción de madera de alta calidad, en las zonas áridas estas tienen como propósito adaptar la arquitectura de árboles o arbustos a las necesidades impuestas por los objetivos propios de la producción de forraje para el ganado.

La incorporación de tratamientos silviculturales como podas y raleos mejora la productividad del cultivo. Un control de crecimiento en altura, a través de cortes de formación arbustiva, aumenta la disponibilidad de forraje para el pastoreo de animales.

El manejo del cultivo con fines forrajeros puede llevarse a cabo por talaje directo o por cosecha del follaje, manejándose con un tocón de 25 a 50 cm luego del tercer año, o como desmoche cuando han alcanzado los dos metros de altura.

La intervención debe ser realizada en la época previa al crecimiento estival (Serra 1997). Bratti (1996) concluyó que los árboles cortados a 50 cm de altura se diferenciaron significativamente en cuanto a vigor y crecimiento de otras alturas de corte realizadas.

El follaje fresco es palatable para los animales y puede ser usado como suplemento alimenticio para la ganadería (ovejas y cabras) conteniendo hasta un 21% de proteína cruda en su peso seco.

Serra (1997) menciona que contiene entre 10-19% de proteína en su peso seco, 24-27% de fibra cruda y 20-26,48% de materia orgánica digestible *in vitro*.

Plantaciones establecidas por INFOR en el secano interior de la Provincia de Choapa mostraron que la producción de forraje puede alcanzar un valor entre 0,8 y 2,2 t MS/ha de forraje seco a los 3 a 4 años después de la plantación (Perret y Mora 2001).

EL POTENCIAL ALIMENTARIO DE LAS SEMILLAS

Existen antecedentes que las semillas de algunas especies del género *Acacia* son procesadas en la industria del *bushfood* en Australia como alimentos funcionales, ya que tienen además de alto contenido de proteínas, un bajo índice glucémico por lo cual son usadas como agentes saborizantes en confitería, salsas y helados y en harinas para panes, pastas y biscochos (Yates, 2014).

El índice glucémico o índice glicémico (IG) es una medida para cuantificar la respuesta glucémica de un alimento que contiene la misma cantidad de carbohidratos que un alimento de referencia. Este sistema permite comparar la "calidad" de los distintos carbohidratos contenidos en alimentos individuales, y proporciona un índice numérico basado en medidas de la glucemia después de su ingestión (el llamado índice glucémico postprandial).

Estos alimentos funcionales con semillas de Acacia corresponden a un nicho pequeño del mercado alimentario con demandas de semillas menores a 10 t/año y precios de las semillas entre AU\$ 30 – 100 /kg (Yates, 2014).



(Fuente: Yates, 2014)

Figura N° 4
PRODUCTOS ALIMENTARIOS CON SEMILLAS DE ACACIA INDUSTRIA WATTLE SEED AUSTRALIA

Se estima que en la Región de Coquimbo con una superficie de plantaciones en edad de cosecha estimada en 6.787 ha y con un rendimiento promedio de 15 Kg de semillas limpias por hectárea existiría una oferta disponible de 102 t de semillas para la industria alimentaria.

Análisis proximales desarrollados con muestras de cinco predios de la Región de Coquimbo confirman el alto valor proteico de las semillas (Quitral, 2012). En el Cuadro N° 1 se indica la composición química de semillas de acacia tostadas (200°C por 10 minutos).

Como se observa, el contenido proteico es alto y muy similar entre las muestras. El contenido de materia grasa varía desde 17,9 a 20,0 g/100g y es mayor a los valores reportados por Ee & Yates (2013) en semillas de acacia, también tostadas bajo las mismas condiciones, en Australia.

Cuadro N° 1
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE SEMILLAS DE ACACIA

Muestras	Humedad	Materia Grasa	Proteínas	Fibra Dietética Total	FDS	FDI	Hidratos de Carbono disponibles
	(g/100g)						
El Tanque	1,9 ± 0,05	20,0 ± 0,40	27,5 ± 0,35	12,4	3,6 ± 0,12	8,8 ± 0,91	32,4
Dunas de Huente	2,4 ± 0,10	19,1 ± 0,36	28,2 ± 0,64	15,2	4,8 ± 0,10	10,4 ± 1,23	29,2
Caracas	2,2 ± 0,00	17,9 ± 0,25	28,9 ± 0,28	16,6	5,2 ± 0,23	11,4 ± 0,74	28,5
Mincha Sur	1,4 ± 0,15	19,6 ± 0,80	26,6 ± 0,78	17,5	4,9 ± 0,14	12,6 ± 0,67	29,7
Huentelauquen	1,7 ± 0,14	19,3 ± 0,16	31,5 ± 0,85	14,9	4,2 ± 0,12	10,7 ± 1,12	26,1

El contenido de fibra dietética es alto, superando a semillas de sésamo, girasol y centeno. La fibra dietética es muy importante desde el punto de vista de la salud, ya que dentro de sus propiedades se encuentra la reducción del tiempo de tránsito intestinal e incremento de la defecación, reducción de los niveles sanguíneos de colesterol total y niveles posprandiales de glucosa y/o insulina en la sangre, además es fermentable por la microflora del colon. (Codex Alimentarius Commission, 2008).

Los análisis de la composición química de las semillas de acacia confirman su alto valor proteico y también sus componentes de fibra, características que las hacen recomendables para su uso en panificación junto a otras harinas.

REFERENCIAS

Bratti, J. M., 1996. Efecto de la Altura de Corte en el Rebrote de *Acacia saligna* (Labill.) Wendl. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Santiago, Chile, 61p.

Codex Alimentarius Commission. 2008. Report of the 30th Session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses (CNFSDU and WHO/FAO). ALINORM 09/32/26. 27-54. p. 49 and appendix II.

Ee & Yates, 2013. Nutritional and antinutritional evaluation of raw and processed Australian wattle (*Acacia saligna*) seeds. Food Chemistry Jan 1, 138(2-8): 762-9.

Gonzalez, P., 2014. Proyecto FIA PYT-2013-0010. Productos Alimentarios Funcionales con semillas de *Acacia saligna*. Informe Técnico N°2, Santiago, Chile, 17 p.

Maslin, B. R., 2011. Understanding *Acacia saligna*. Edible Wattle Seeds of Southern Australia. CSIRO. Wattle we eat for dinner. Proceedings of Workshop on Australian Acacias for Food Security. Alice Spring, Australia, 9 p.

Mc Donald, M., Mazanec, R., Bartle, B. and Maslin, B., 2007. Improved Prospects for the Domestication of *Acacia saligna* in the Region of Coquimbo, Chile. En : Ciencia e Investigación Forestal. Número Extraordinario

Perret, S. y Mora, F., 2001. *Acacia saligna*, Leguminosa Arbórea de Uso Múltiple para las Zonas Áridas y Semiáridas de Chile. INFOR, Santiago, Chile, 14p.

Quitral, V., 2012. Análisis Proximales Desarrollados con Muestras de Semillas de *Acacia saligna* de Cinco Predios de la Región de Coquimbo. Facultad de Medicina, Departamento de Nutrición, Universidad de Chile. Proyecto FIA PYT-2013-0010. Productos Alimentarios Funcionales con semillas de *Acacia saligna*. Informe Técnico N°2, Santiago, Chile, 17 p.

Serra, María Teresa, 1997. Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina. En: FAO Serie Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina N°12, Santiago, Chile, 347 p.

Yates, P., 2014. Chile Visit Report. Proyecto FIA PYT-2013-0010. Productos Alimentarios Funcionales con Semillas de *Acacia saligna*. Informe Técnico N°2, Santiago, Chile, 25 p.

REGLAMENTO DE PUBLICACION

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

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

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

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

ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

Artículos

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Apuntes

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

PRESENTACION DE LOS TRABAJOS

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

Formato tamaño carta (21,6 x 27,9 cm), márgenes 2,5 cm en todas direcciones, interlineado sencillo y un espacio libre entre párrafos. Letra Arial 10. Un tab (8 espacios) al inicio de cada párrafo. No numerar páginas. Justificación ambos lados. Extensión máxima trabajos 25 carillas para artículos y 15 para Apuntes. Usar formato abierto, no formatos predefinidos de Word que dificultan la edición.

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

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

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

Título puntos principales (Resumen, *Summary*, Introducción, Objetivos, etc) en mayúsculas, negrita, letra 10, margen izquierdo. Solo para Introducción usar página nueva, resto puntos principales seguidos, separando con dos espacios antes y uno después de cada uno. Títulos secundarios en negrita, minúsculas, margen izquierdo. Títulos de tercer orden minúsculas margen izquierdo.

Si fuesen necesarios títulos de cuarto orden, usar minúsculas, un tab (7 espacios) y anteponer un guion y un espacio. Entre sub títulos y párrafos precedente y siguiente un espacio libre. En sub títulos con más de una palabra usar primera letra de palabras principales en mayúscula. No numerar puntos principales ni sub títulos.

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

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

En el punto Referencias deben aparecer en orden alfabético por la inicial del apellido del primer autor, letra 8, todas las referencias citadas en texto y solo estas. En este punto la identificación de la referencia debe ser completa: Autor (es), año. En negrita, minúsculas, primeras letras de palabras en mayúsculas y todos los autores en el orden que aparecen en la publicación, aquí no se usa *et al.* A continuación, en minúscula y letra 8, primeras letras de palabras principales en mayúscula, título completo y exacto de la publicación, incluyendo institución, editorial y otras informaciones cuando corresponda. Margen izquierdo con justificación ambos lados. Ejemplo:

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

En referencias:

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

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

Cuadros y Figuras: Numeración correlativa: No deben repetir información dada en texto. Solo se acepta cuadros y figuras, no así tablas, gráficos, fotos u otras denominaciones. Toda forma tabulada de mostrar información se presentará como cuadro y al hacer mención en texto (Cuadro N° 1). Gráficos, fotos y similares serán presentadas como figuras y al ser mencionadas en texto (Figura N° 1). En ambos casos aparecerán enmarcados en línea simple y centrados en la página. En lo posible su contenido escrito, si lo hay, debe ser equivalente a la letra Arial 10 u 8 y el tamaño del cuadro o figura proporcionado al tamaño de la página.

Cuadros deben ser titulados como Cuadro N° , minúsculas, letra 8, negrita centrado en la parte superior de estos, debajo en mayúsculas, negritas letra 8 y centrado el título (una línea en lo posible). Las figuras en tanto serán tituladas como Figura N° , minúscula, letra 8, negrita, centrado, en la parte inferior de estas, y debajo en mayúsculas, letra 8, negrita, centrado, el título (una línea en lo posible). Si la diagramación y espacios lo requieren es posible recurrir a letra Arial *narrow*. Cuando la información proporcionada por estos medios no es original, bajo el marco debe aparecer entre paréntesis y letra 8 la fuente o cita que aparecerá también en referencias. Si hay símbolos u otros elementos que requieren explicación, se puede proceder de igual forma que con la fuente.

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

Abreviaturas, magnitudes y unidades deben estar atenuadas a la Norma NCh 30 del Instituto Nacional de Normalización (INN). Se empleará en todo caso el sistema métrico decimal. Al respecto es conveniente recordar que la unidades se abrevian en minúsculas, sin punto, con la excepción de litro (L) y de aquellas que provienen de apellidos de personas como grados Celsius (°C). Algunas unidades de uso muy frecuente: metro, que debe ser abreviado **m**, metro cúbico **m³**, metro ruma **mr**; o hectáreas **ha**.

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

Archivos protegidos; "sólo lectura" o PDF serán rechazados de inmediato porque no es posible editarlos. La Revista se reserva el derecho de efectuar todas las modificaciones de carácter formal que el Comité Editor o el Editor estimen necesarias o convenientes, sin consulta al autor. Modificaciones en el contenido evidentemente son consultadas por el Editor al autor, si no hay acuerdo se recurre nuevamente al Consejo Editor o a los miembros del Comité Editor que han participado en el arbitraje o calificación del trabajo.

ENVIO DE TRABAJOS

Procedimiento electrónico. En general bastará enviar archivo Word, abierto al Editor (sbarros@infor.gob.cl). El autor deberá indicar si propone el trabajo para Artículo o Apunte y asegurarse de recibir confirmación de la recepción conforme del trabajo por parte del Editor.

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

Respecto del peso de los archivos, tener presente que hasta 5 Mb es un límite razonable para los adjuntos por correo electrónico. No olvidar que las imágenes son pesadas, por lo que siempre al ser pegadas en texto Word es conveniente recurrir al pegado de imágenes como JPEG o de planillas Excel como Metarchivo Mejorado.

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

CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL

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

SOBRE-MEDIDA EN EL LARGO DE TROZAS MÚLTIPLO DE <i>Eucalyptus nitens</i> PARA PRODUCIR CHAPAS DEBOBINADAS CALIDAD CLEAR. Dunn, Fernando; Valencia, Juan Carlos; Soto, Luis y López, Cristián. Chile	7
---	---

RESPUESTAS FISIOLÓGICAS, RESISTENCIA AL ESTRÉS Y CRECIMIENTO DE PLANTAS DE <i>Eucalyptus globulus</i> Y <i>Eucalyptus grandis</i> MODIFICADOS POR POTASIO BAJO CONDICIONES DE SEQUÍA. Guarnaschelli, Ana B.; Chiavassa, Juan A. y Garau, Ana M. Argentina	21
--	----

PRIMEROS RESULTADOS DE UN ENSAYO DE SEVERIDAD DE PODA EN <i>Eucalyptus regnans</i> . EFECTOS EN EL CRECIMIENTO Y RESPUESTA FISIOLÓGICA. Lisboa, Magdalena; Acuña, Eduardo; Cancino, Jorge; Muñoz, Fernando; Rodríguez, Roque y Volker, Peter. Chile	39
--	----

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

COSECHA DE PINO PIÑONERO (<i>Pinus pinea</i> L.). ANTECEDENTES GENERALES Y EXPERIENCIA EN CHILE. González, Marlene. Chile	51
---	----

<i>Acacia saligna</i> EN CHILE: SEMILLAS CON POTENCIAL ALIMENTARIO FUNCIONAL. Rojas, Patricio; Jimenez, Paula y Quitral, Vilma. Chile.	69
---	----

REGLAMENTO DE PUBLICACIÓN	77
---------------------------	----

