

Volumen 20 N° 2  
Agosto 2014

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

# CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL



**INSTITUTO FORESTAL  
CHILE**





**VOLUMEN 20 N° 2**

**CIENCIA E  
INVESTIGACION  
FORESTAL**

**AGOSTO 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.

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

**Dirección**



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

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

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

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



# RESULTADOS PRELIMINARES SOBRE LA VARIACION EN VULNERABILIDAD A LA CAVITACIÓN POR SEQUÍA EN CLONES DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maid.

Tesón, Natalia<sup>1</sup>; Fernández, María Elena<sup>2</sup> y Licata, Julián<sup>1</sup>

## RESUMEN

El transporte de agua está ligado funcionalmente con la fijación de carbono en las plantas terrestres. El agua transportada dentro de la planta se encuentra en estado meta-estable debido a las presiones negativas de acuerdo a la Teoría de Cohesión-Tensión. Las curvas de vulnerabilidad a la cavitación, es decir, aquellas que relacionan las pérdidas de conductividad hidráulica (ks) del leño por ruptura de la columna de agua, con las tensiones dentro del mismo, dan valiosa información acerca de la capacidad de respuesta de distintas especies y genotipos al estrés hídrico.

El objetivo del estudio fue evaluar la variación en tolerancia al estrés hídrico de cuatro clones de *Eucalyptus grandis* (K, B, 2 y 4) del Programa de Mejoramiento Genético de INTA. Para ello, debió ajustarse una metodología adecuada para realizar las curvas de vulnerabilidad a la cavitación en árboles adultos. Se trabajó con el método de inyección de aire que relaciona la pérdida de conductividad hidráulica con la cavitación inducida por presiones positivas en una cámara de doble entrada. Los clones seleccionados presentan densidad de madera contrastante (alta/baja) y distintas tasas de crecimiento.

El material evaluado se obtuvo de un ensayo clonal de 18 años de edad ubicado en Concordia, Entre Ríos, Argentina (31°22' L S; 58° 07' L W; Altitud: 43 msnm) en un suelo arenoso profundo. Entre abril y mayo de 2012, mediante un hidroelevador se ascendió a las copas y se cortaron ramas de tres individuos por clon. Para la realización de las curvas de cavitación se utilizó la porción basal (20 cm) de las ramas secundarias. Se comparó con ANOVA los parámetros a y b de la curva de vulnerabilidad a la cavitación que describen el  $P_{50}$  o presión a la que se produce el 50 % de pérdida de ks y la forma de la curva.

Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas entre dos de los clones evaluados, siendo el más tolerante a la cavitación ( $P_{50} = -1,85 \pm 0,19$ MPa) el clon 2, que es uno de los clones de alta densidad de madera. El menos tolerante fue el clon B ( $P_{50} = -1,11 \pm 0,11$ MPa), caracterizado por ser de rápido crecimiento y baja densidad de madera. Estos resultados son congruentes con su respuesta post-sequía evaluada en crecimiento y flujo de savia (estudios previos), que mostró una mayor resiliencia en el clon 2 y una menor en el clon B. El clon K, de alta densidad, también presentó alta resiliencia post-sequía, pero no mostró ventajas claras en vulnerabilidad a la cavitación, aunque sí fue el de mayor ajuste osmótico en el tejido foliar.

Se concluye que la vulnerabilidad a la cavitación es variable entre clones, tendría un rol adaptativo importante en la resistencia a la sequía de *E. grandis*, pero existen mecanismos alternativos (y/o complementarios) en otros sistemas de órganos que deben también evaluarse con miras a la selección de genotipos más resistentes al estrés ambiental.

Palabras clave: *Eucalyptus grandis*, resistencia a sequía, cavitación.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Concordia, Concordia, Provincia de Entre Ríos, Argentina. nteson@correo.inta.gov.ar

<sup>2</sup>Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), INTA EEA Balcarce-Oficina Tandil, Tandil, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

## SUMMARY

Water transport is functionally linked to carbon fixation in terrestrial plants. Water inside plants is under meta-stable state due to negative pressure (tension) according to Cohesion-Tension Theory. Vulnerability to cavitation curves, i.e., those relating losses in xylem hydraulic conductivity ( $k_s$ ) due to water column breakage with tension inside the xylem, provide valuable information about different species and genotypes response capacity to environmental stress.

The objective of this study was to evaluate the variation in drought stress tolerance of four *Eucalyptus grandis* clones (K, B, 2 and 4) from the Genetic Improvement Program of INTA. For this purpose, methodological adjustments were needed in order to develop vulnerability to cavitation curves in adult trees. The air-injection method was applied, which relates  $k_s$  losses with cavitation induced by positive pressures in a double-ended chamber. The selected clones present contrasting wood density (high, low) and different growth rates.

The studied material was obtained from a 18 years-old clonal trial located in Concordia, Entre Ríos, Argentina (S L: 31°22' S; W L: 58° 07'; Altitude: 43 masl) in deep sandy soil. Crown access was possible with a hydraulic crane. Branch samples (3 individuals per clone) were taken between April and May 2012. Vulnerability to cavitation curves were developed in the basal portion (20 cm long) of secondary branches. Curves parameters (a and b) were compared between clones with ANOVA, describing the water potential at which 50% of  $k_s$  is lost ( $P_{50}$ ) and the curve form.

Significant differences were observed between two studied clones. The most cavitation resistant clone 2 ( $P_{50} = -1.85 \pm 0.19$  MPa) was a high wood density clone. The least cavitation resistant clone B ( $P_{50} = -1.11 \pm 0.11$  MPa) was characterized by its high growth rates and low wood density.

These results are consistent with post-drought responses evaluated through growth and sapflow measurements (previous studies) which demonstrated a higher resilience in clone 2 than in clone B. High wood density clone K also presented a high resilience after a severe drought event, but it did not present clear advantages in terms of cavitation resistance. However, it presented the highest osmotic adjustment capacity of the studied clones.

In conclusion, vulnerability to cavitation is variable between clones and it would have an adaptive role in terms of *E. grandis* drought resistance. However, alternative (and/or complementary) mechanisms exist in other plant organs which have to be evaluated in order to select drought resistant genotypes.

Key words: *Eucalyptus grandis*, drought resistance, cavitation.

## INTRODUCCIÓN

En la provincia de Entre Ríos existen 144.732 ha con plantaciones forestales (MAGyP, 2012), el principal género botánico cultivado es *Eucalyptus* (71% de la superficie) y casi la totalidad corresponde a la especie *Eucalyptus grandis*. Si bien bajo condiciones normales el comportamiento de la especie es muy bueno, alcanzando crecimientos de 56 m<sup>3</sup>/ha/año con prácticas convencionales (Marcó 1998), la misma presenta importantes disminuciones de crecimiento ante condiciones de estrés hídrico y problemas de supervivencia y calidad de la madera ante ocurrencia de bajas temperaturas.

En la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Concordia del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina se ha trabajado durante los últimos 30 años en el mejoramiento genético de la especie, evaluando principalmente volumen, forma y densidad de madera. Se han generado más de 300 clones puros de *E. grandis* y 150 clones híbridos en diversas etapas de evaluación, de los cuales 16 clones (10 de *E. grandis* y 3 híbridos de *E. grandis* x *E. camaldulensis* y 3 de *E. grandis* x *E. tereticornis*, están ya inscriptos en el Registro Nacional de Cultivares del INASE y liberados al mercado (Marco y Harrant, 2012).

La incidencia de estrés ambiental generada por eventos esporádicos en las actuales zonas forestadas, el incremento de los mismos en el tiempo debido al cambio climático global y la expansión de la superficie forestada a sitios más marginales debido a competencias con otros usos de la tierra, ha hecho que los programas de mejoramiento genético a nivel mundial reconozcan la necesidad de incorporar criterios de adaptabilidad a estrés dentro del proceso de selección. Es así como se requiere el aporte de disciplinas como la ecofisiología vegetal, que intenta desentrañar los procesos de respuesta de la planta ante distintas condiciones ambientales.

La capacidad de transporte de agua de una planta, cuantificada en la conductividad hidráulica (ks) de distintos órganos o la conductancia hidráulica (K) de la planta entera, se relaciona funcionalmente con su capacidad de fijación de carbono (Hubbard *et al.*, 2001; Santiago *et al.*, 2004) y su crecimiento (Kondoh *et al.*, 2006; Brodribb *et al.*, 2005; Domec y Gartner, 2003). El transporte de agua desde las raíces a la atmósfera, de acuerdo a la teoría de Cohesión-Tensión, se desarrolla a través de un gradiente de potenciales hídricos negativos.

Bajo condiciones de estrés hídrico, ya sea por déficit de agua en el suelo y/o por alta demanda evaporativa de la atmósfera, se alcanzan condiciones adecuadas para que la columna de agua se rompa o cavite, es decir, el agua bajo tensión en el xilema cambia de estado, de líquido a gaseoso, generando embolismos en los conductos con la consecuente pérdida de conductividad hidráulica.

Cada especie y cada órgano dentro de una planta tiene una curva característica de vulnerabilidad a la cavitación (Tyree, 1999) determinada por las características anatómicas de la madera que varían con la edad cambial, la posición dentro de la planta, la disponibilidad de recursos y el acervo genético de cada individuo. Es así que la estructura de los conductos encargados del transporte de agua en el xilema es de vital importancia, donde combinaciones determinadas de espesor de pared, diámetro de lumen y cantidad, diámetro y ultra-estructura de las puntuaciones intervasculares otorgarían distintos grados de seguridad en el transporte de agua (Zimmermann, 1983; Hacke *et al.*, 2001). Es por ello que este carácter posee un alto valor adaptativo en numerosas especies leñosas (Pockman & Sperry, 2000; Hacke *et al.*, 2000).

A una escala de menor detalle, ciertas propiedades de la madera emergentes de las características anatómicas mencionadas, como su densidad, se relacionan con las propiedades hidráulicas del xilema (Hacke y Sperry, 2001; Sperry *et al.*, 2008; Pittermann *et al.*, 2006). La densidad, variable de gran valor tecnológico para la madera, es el resultado de la proporción de lúmenes y paredes celulares. La relación entre densidad de madera y resistencia a la cavitación por sequía no sería, sin embargo, una relación causal sino una correlación. Se ha postulado que

los conductos capaces de resistir altas tensiones sin cavitarse deben desarrollar paredes celulares gruesas de manera de evitar la implosión o colapso del conducto (Hacke *et al.*, 2001, Jacobsen *et al.*, 2005). De esta manera, maderas más resistentes a la cavitación deberían tener una alta proporción de pared celular en relación con los lúmenes, resultando en altas densidades de madera. Es por ello que resulta interesante conocer las correlaciones entre densidad de madera y seguridad del sistema de conducción, de manera de usar la primera como método indirecto de selección de la segunda.

Si bien existe innumerable cantidad de trabajos que han cuantificado la vulnerabilidad a la cavitación del xilema en distintas especies latifoliadas y coníferas, son muy pocos los estudios de este tipo desarrollados en especies del género *Eucalyptus*. Este género posee una madera compleja, conformada por distintos tipos celulares (vasos, fibras, fibrotraqueidas, traqueidas vasicéntricas), cuyo valor funcional no ha sido aún dilucidado. Es por ello que se ha iniciado una serie de estudios que relacionan la anatomía y función de la madera de distintas especies de este género implantadas en Argentina, así como sus implicancias con respecto a posibles compromisos con el crecimiento. En este sentido, en términos generales, se plantea que existe un compromiso entre capacidad de conducción de agua (alta productividad) y alta resistencia a sequía-frío debido a que ambos procesos se relacionan inversamente con el tamaño de los elementos del sistema de conducción (Kondoh *et al.*, 2006; Domec *et al.*, 2006; Sperry *et al.*, 2008). La información expuesta en este artículo es parte de este estudio, presentándose los primeros resultados sobre vulnerabilidad a la cavitación de cuatro clones de *E. grandis* del Programa de Mejoramiento Genético de INTA, seleccionados en este estudio por poseer densidad de madera y tasas de crecimiento contrastantes.

Los resultados de seguridad del sistema de conducción se discuten posteriormente a la luz de los de crecimiento y uso de agua de los mismos clones bajo condiciones de campo, caracterizadas por un evento de sequía severo (estudios previos) de manera de comenzar a descifrar el posible rol adaptativo de los caracteres funcionales de la madera encontrados.

## MATERIALES Y METODOS

El material evaluado se obtuvo de un ensayo clonal de productividad, instalado en el año 1994, en Concordia, Entre Ríos, Argentina (31°22' LS; 58° 07' LW y Altitud 43 msnm) en un suelo arenoso profundo. Los clones seleccionados para este estudio presentan densidad de madera contrastante (alta/ baja) y distintas tasas de crecimiento (Cuadro N° 1).

Los clones 2 y K presentan relativamente alta densidad de madera, mientras que los clones 4 y B son de baja densidad. Los clones 4 y K son los más contrastantes en crecimiento, presentando diferencias significativas entre los mismos. Distintos individuos de estos clones fueron estudiados entre 2007 y la actualidad, analizándose su crecimiento en altura y diámetro a la altura del pecho, densidad de flujo de savia, capacidad de ajuste osmótico del tejido foliar, anatomía de la madera, etc. Algunos resultados han sido presentados en Tesón *et al.* (2011) y otros están siendo volcados en un manuscrito en preparación.

Entre abril y mayo de 2012, mediante un hidroelevador se ascendió a las copas y se cortaron ramas de tres individuos por clon. Se realizaron las curvas de vulnerabilidad a la cavitación en la porción basal (20 cm) de las ramas secundarias, utilizando el método de inyección de aire que relaciona la pérdida de conductividad con la cavitación inducida por presiones positivas en una cámara de doble entrada.

La metodología general aplicada es la usual para esta técnica (descrita por ejemplo en Gyenge y Dalla Salda, 2010), aunque debió desarrollarse el protocolo particular para la especie (no existían antecedentes), ensayándose distintos tiempos de aplicación de presión, de estabilización post-presión y de medición de ks.

Se trazaron curvas de vulnerabilidad a la cavitación relacionando las pérdidas de conductividad (% PLC) con la presión positiva aplicada (MPa), ajustándoseles el modelo de Pammenter y Vander Willigen (1998):

$$PLC = 100 / [1 + \exp (a * (\psi - b))]$$

Donde: PLC es el porcentaje de pérdida de ks  
a es el grado de curvatura de la curva  
b es el potencial al que se alcanza 50 % de pérdida de ks (P<sub>50</sub>)  
ψ es la presión positiva ejercida en la cámara de doble entrada (equivalente al potencial hídrico del xilema al cual se producen PLC).

A partir de los parámetros a y b de las curvas se estimaron también los parámetros Pe y Pmax, que representan el punto de entrada de aire (PLC=12), o potencial hídrico a partir del cual la ks decrece rápidamente por aumento de la cavitación, y el punto de máxima cavitación (PLC=88), según las fórmulas:

$$Pe = (2 / a) + b$$

$$Pmax = (-2 / a) + b$$

Los modelos de regresión se ajustaron mediante el Programa Informático Table Curve 2D (Jandel Scientific, EEUU). Los parámetros de las curvas se compararon mediante ANOVA y posteriores tests de Tukey.

**Cuadro N° 1**  
**CRECIMIENTO ANUAL EN BIOMASA DE FUSTE Y DENSIDAD DE MADERA**  
**MEDIDOS EN CUATRO CLONES DE *Eucalyptus grandis***

Clon	Crecimiento Medio Anual del Fuste (kg MS/m <sup>2</sup> /año)*	Densidad de Madera (kg/m <sup>3</sup> )*
2	1,29 (0.69) ac	444,2 (23.5) a
4	1,14 (0.45) bc	401,1 (14.7) b
K	1,42 (0.26) ac	439,5 (10.5) a
B	1,72 (0.53) a	397,2 (13.2) b

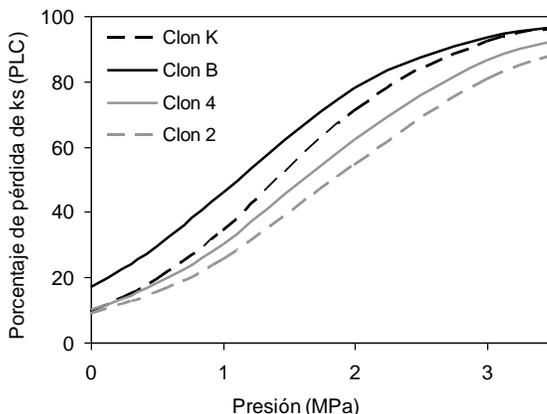
\*Media y desviación estándar. MS: materia seca

Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas entre clones (ANOVA, test de Tukey, p<0.05).

## RESULTADOS

El protocolo seleccionado para la confección de las curvas definitivas consistió en la aplicación de 5 minutos de cada uno de los niveles de presión (entre 0 y 3 MPa; cada 0,25 MPa en los primeros puntos y cada 0,5 MPa a partir de 1,5 MPa), seguidos de 5 minutos de estabilización a presión atmosférica, luego de los cuales se registró el pasaje de agua por la rama durante 10 minutos.

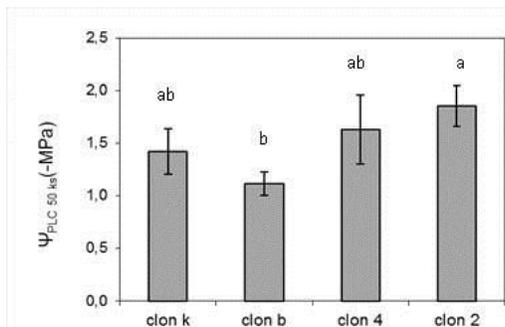
Los cuatro clones presentaron curvas con una forma general similar (Figura N° 1), caracterizada por una caída gradual de la ks, con un promedio general de P<sub>50</sub> de 1,5 (DS: 0,32) MPa. En general, los ajustes de los modelos fueron muy buenos, con un promedio de R<sup>2</sup> ajustado para todas las curvas (1 curva por individuo) de 0,88 (mínimo R<sup>2</sup>: 0,78; máximo R<sup>2</sup>: 0,99).



Se grafican los modelos ajustados a los datos según la fórmula de Pammenter y Vander Willigen, 1998.

**FIGURA N° 1**  
**CURVAS DE VULNERABILIDAD A LA CAVITACIÓN DE LOS CUATRO CLONES**  
**DE *Eucalyptus grandis***

El único parámetro de la curva que mostró diferencias significativas entre algunos clones fue el  $P_{50}$ , observándose diferencias significativas entre el clon 2 y el B (Figura N° 2). Tanto el parámetro de forma de la curva (promedio general DS: -1,65 (0,46)), como el  $P_e$  (promedio general (DS): 0,26 (0,29) MPa) y el  $P_{max}$  (promedio general (DS): 2,80 (0,58) MPa) no mostraron diferencias significativas entre clones, aunque se observó la tendencia a que el clon B presentara valores de entrada de aire posteriores (a mayores tensiones) que los otros clones.



Las barras de error representan un desvío estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los clones.

**FIGURA N° 2**  
**VALORES MEDIOS DE PRESIÓN APLICADA QUE CAUSARON LA DISMINUCIÓN DEL 50% DE LA**  
**CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA ( $P_{50}$ , CORRESPONDIENTE A PLC=50 %).**

## DISCUSION

El grado de diferenciación en  $P_{50}$  observado entre los distintos clones es interesante (diferencia máxima media de 0,75 MPa), aunque cabe mencionar que estos resultados deben ser tomados como preliminares debido a que el tamaño muestral utilizado fue bajo (debido a la alta laboriosidad que implica la confección de estas curvas). Sin embargo, sugieren que existe variabilidad en la vulnerabilidad a la cavitación de la madera de ramas entre los clones de *Eucalyptus grandis* analizados.

Un antecedente de curvas de cavitación en *E. grandis* (un único clon sudafricano) mostró un  $P_{50}$  de -1,31 MPa, con una diferenciación máxima (y significativa) de 0,46 MPa con los otros clones evaluados, que eran híbridos de *E. grandis* con *E. camaldulensis* (Vander Willigen & Pammenter, 1998). Un estudio en estacas enraizadas de cuatro clones de *E. globulus* mostró un grado de diferenciación en el  $P_{50}$  de tan sólo 0,18 MPa entre los mismos (Pita *et al.*, 2003).

El parámetro que describe la forma de la curva fue menor en el presente trabajo (1,65) que en el mencionado anteriormente de *E. grandis* (2,25; Vander Willigen & Pammenter, 1998), lo que indica una caída menos abrupta de la ks a medida que aumenta la presión (o tensión, según el método de confección de la curva) en los clones argentinos.

El clon de *E. grandis* que mostró la mayor resistencia a la cavitación (clon 2) fue el de mayor densidad de la madera (Cuadro N° 1), mientras que el más vulnerable (clon B) fue el de menor densidad. Debe considerarse, sin embargo, que la densidad de la madera es una variable evaluada en el fuste, mientras que la vulnerabilidad a la cavitación fue ensayada en ramas. Si bien es de esperarse que exista una coordinación general entre los distintos órganos de la planta, esto no necesariamente implica que los mismos patrones de vulnerabilidad a la cavitación sean encontrados en el fuste. Incluso, muchas veces existe el fenómeno de "vulnerabilidad segmentada" (*sensu* Zimmermann, 1983) por el cual los órganos distales de una planta son mucho más vulnerables que otros, de manera de que ante un evento de sequía severa actúan como "fusible" del sistema hidráulico, cavitando prontamente y disminuyendo la superficie transpirante (por absición de las hojas). Un mecanismo de este tipo ha sido descrito para juveniles (estacas enraizadas) de *E. globulus* (Pita *et al.*, 2003). De todas maneras, resultados preliminares no publicados (Monteoliva *et al.*, UNLP, en el marco del mismo proyecto de investigación) muestran que existe una correlación en los caracteres microscópicos de la madera del fuste y de las ramas dentro de cada clon.

Que exista variación en vulnerabilidad a la cavitación de la madera entre distintos genotipos no implica necesariamente que este carácter pueda tener un rol funcional significativo para la resistencia al estrés hídrico en *E. grandis*. En este sentido, si bien se sabe que es un carácter determinante en la resistencia al estrés ambiental en gran cantidad de especies leñosas, son muy pocos los antecedentes que han evaluado el rol adaptativo de la vulnerabilidad a la cavitación en el género *Eucalyptus*. Uno de ellos es el trabajo de Vander Willigen & Pammenter (1998) mencionado en el párrafo anterior. En él se menciona que el clon de *E. grandis* evaluado, que fue el menos resistente a la cavitación en comparación con híbridos interespecíficos, sufrió un 90% de mortalidad aérea en una sequía severa ocurrida en el año 1992 en Sudáfrica. En el caso de *E. globulus*, su curva de vulnerabilidad a la cavitación lo ubica entre las especies más vulnerables, sufriendo pérdidas importantes de conductividad durante su temporada de crecimiento (Pita *et al.*, 2005). Estos autores han sugerido que esta especie posee alta productividad a expensas de estar siempre al borde del embolismo catastrófico, lo que seguramente resulta muy riesgoso si las condiciones de estrés hídrico aumentan.

En el caso del presente estudio, las curvas de vulnerabilidad a la cavitación pueden ser analizadas a la luz de información de la respuesta de los cuatro clones a un evento de sequía severa ocurrida en la primavera-verano 2008-2009 (Tesón *et al.*, 2011). Esta respuesta fue evaluada en crecimiento antes, durante y post-evento de sequía, así como la densidad de flujo de savia de los árboles, que puede ser utilizada como *proxy* de su capacidad de fijación de carbono.

Los clones 2 y K (ambos de alta densidad de madera) fueron los que se destacaron por su alta resiliencia post-sequía (rápida recuperación del crecimiento), mientras que los clones B y 4 (de baja densidad de madera) presentaron una recuperación del crecimiento y transporte de agua más lentos (menor resiliencia). La alta resiliencia post-sequía de los dos clones de alta densidad podría ser explicada en parte por una mayor resistencia a la cavitación (observada solo en el clon 2). El clon K, si bien no mostró ventajas particulares en cuanto a su vulnerabilidad a la cavitación (fue intermedia entre la de los otros clones), sí presentó una alta capacidad de ajuste osmótico en su tejido foliar, carácter que ha sido descrito como de importancia adaptativa para el género (Guarnaschelli *et al.*, 2003). Durante el evento de sequía, sin embargo, el clon K presentó claras ventajas por sobre el 2 (menor caída del crecimiento y flujo de agua), lo que sugiere que el ajuste osmótico foliar podría tener un rol crucial en el mantenimiento de la fijación de C durante un evento de sequía. El clon B, de mayor vulnerabilidad a la cavitación, se destaca también por una anatomía de la madera del fuste bastante diferenciada con respecto a la de los otros clones (Tesón *et al.*, 2011; Monteoliva *et al.*, datos no publicados aún), altas tasas de crecimiento cuando la disponibilidad de agua es alta, una alta sensibilidad a la sequía y una baja resiliencia post-sequía. Los resultados de este trabajo sugieren que la cavitación del sistema de conducción, junto con una baja capacidad de ajuste osmótico, pueden ser responsables importantes de esta baja resistencia al déficit hídrico.

Comparando las curvas de cavitación para cada clon con los valores de potencial hídrico de los mismos observados en distintos momentos de la temporada de crecimiento (datos no publicados, disponibles en el Informe Final del Proyecto INTA 2213), puede estimarse que en condiciones normales, cuando los clones alcanzan valores de potencial hídrico de alrededor de -1,5 MPa, todos estarían sufriendo pérdidas de aproximadamente el 50% de la ks de las ramas. En condiciones de sequía extrema, en las que el clon B se diferenció de los otros por alcanzar potenciales al mediodía de -3 a -3,5 MPa, mientras que los otros alcanzaron valores de -2,5 a -2,8 MPa, las curvas indican que el clon B tendría una pérdida total de la ks coincidente con la gran abscisión foliar que se observó en el mismo (observación personal de los autores), mientras que los clones 4 y K perderían poco más del 90% de ks, y el clon 2, más resistente, alrededor del 80% de la ks.

Curvas de cavitación realizadas un mes después de las presentadas en el presente artículo muestran que existe una fuerte variación temporal en este carácter, posiblemente ligada a la producción de nueva madera con características anatómicas diferentes en muy corto plazo.

Actualmente se están llevando a cabo estudios que complementan al presente de manera de describir mejor el rol funcional y su variación estacional de la vulnerabilidad a la cavitación en *E. grandis*.

## CONCLUSIONES

En base a estos primeros resultados se concluye que la vulnerabilidad a la cavitación del xilema podría tener un rol adaptativo importante en *E. grandis*, especialmente explicando la baja resistencia a la sequía de algunos genotipos (con alta vulnerabilidad a la cavitación, como el clon B). Si bien una alta resistencia a la cavitación se vio acompañada con una alta resiliencia post-sequía (como en el clon 2), esta no alcanza por sí misma para garantizar un buen desempeño durante un evento de sequía (baja sensibilidad).

Caracteres adicionales, como la capacidad de ajuste osmótico, deberían también ser, siempre que pueda medírseles de manera relativamente expedita, contemplados a la hora de seleccionar genotipos con baja sensibilidad a la sequía y alta resiliencia post-sequía (como el clon K).

La densidad de la madera parece ser un carácter asociado a la adaptabilidad a la sequía en *E. grandis*, sin tener necesariamente compromisos con la productividad (como en el caso del

clon K), lo que abre un panorama interesante para utilizarla como método de *screening* para adaptabilidad (más allá de su valor tecnológico) en Programas de Mejoramiento Genético, en combinación con caracteres foliares (área foliar específica, tamaño medio de la hoja, ajuste osmótico) y máxima ks.

## RECONOCIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el subsidio PNFOR 042131 de INTA (Argentina) Bases Ecofisiológicas para la Producción de Madera en Cantidad y Calidad bajo Distintas Condiciones Ambientales.

## REFERENCIAS

**Brodribb, T. J.; Holdbrook, N. M. and Hill, R. S., 2005.** Seedling growth in conifers and angiosperms: Impacts of contrasting xylem structure. *Aust J Bot.* 53: 749-755.

**Domec, J. C. y Gartner, B. L., 2003.** Relationship between growth rates and xylem hydraulic characteristics in young, mature and old-growth Ponderosa Pine trees. *Plant Cell Environ* 26: 471-483.

**Domec, J. C.; Lachenbruch, B. and Meizner, F. C., 2006.** Bordered pit structure and function determine spatial Patterns of air-seeding thresholds in xylem of Douglas-Fir (*Pseudotsuga menziesii*; Pinaceae) trees. *Am J Bot.* 93: 1588-1600.

**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.

**Gyenge, J. E. y Dalla Salda, G., 2010.** Cap. 5: Curvas de vulnerabilidad a la cavitación. En: Fernández, M. E. & Gyenge, J. E. Eds. En: Técnicas de medición en ecofisiología vegetal: conceptos y procedimientos. Ediciones INTA Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. ISBN 978-987-1623-76-1, pág. 69-78.

**Hacke, U.; Sperry, J.; Pockman, W.; Davis, S. and McCulloh, K., 2001.** Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. *Oecologia* 126: 457-461.

**Hacke, U.G.; Sperry, J. S. y Pittermann, J., 2000.** Drought experience and cavitation resistance in six shrubs from the Great Basin, Utah. *Basic and Applied Ecology* 1: 31-41.

**Hacke, U. G. and Sperry, J. S., 2001.** Functional and ecological xylem anatomy. *Perspectives in Plant Ecol Evol Syst.* 4: 97-115.

**Hubbard, R. M.; Ryan, M. G.; Stiller, V. and Sperry, J. S., 2001.** Stomatal conductance and photosynthesis vary linearly with plant hydraulic conductance in Ponderosa Pine. *Plant Cell Environ.* 24: 113-121.

**Jacobsen, A. L.; Ewers, F. W.; Pratt, R. B.; Paddock, W. A. and Davis, S. D., 2005.** Do Xylem Fibers Affect Vessel Cavitation Resistance? *Plant Physiol.* 139: 546–556.

**Kondoh, S.; Yahata, H.; Nakashizuka, T. and Kondoh, M., 2006.** Interspecific variation in vessel size, growth and drought tolerance of broad-leaved trees in semi-arid regions of Kenya. *Tree Physiol.* 26: 899-904.

**Marcó, M. A., 1988.** Crecimiento del *Eucalyptus grandis* en diferentes suelos de Concordia. Resultados a los 10,5 años. VI Congreso Forestal Argentino. Santiago del Estero, Argentina. Tomo II: 510-511.

**Marcó, M. A. y Harrand, L., 2012.** El programa de mejora de Eucaliptos del INTA en la Mesopotamia Argentina. Resúmenes Jornadas de Actualización Técnica Mejoramiento Genético de Pinos y Eucaliptos Subtropicales. EEA Concordia. Ediciones INTA: 44-48.

**MAGyP, 2012.** Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. Presidencia de la Nación. Elaboración de un mapa de plantaciones forestales (MPF) de la República Argentina de actualización permanente. Área SIG e Inventario Forestal. Dirección de Producción Forestal. En: <http://www.minagri.gob.ar/new/0-0/forestacion/inventario/mapa%20de%20planta.html>IMAGyP. (Consulta 22 de octubre de 2012)

- Pammenter, N. W. and Vander Willigen, C., 1998.** A mathematical and statistical analysis of the curves illustrating vulnerability of xylem to cavitation. *Tree Physiol* 18: 589-593
- Pita, P.; Gascó, A. and Pardos, J. A., 2003.** Xylem cavitation, leaf growth and leaf water potential in *Eucalyptus globulus* clones under well-watered and drought conditions. *Funct Plant Biol.* 30: 891-899.
- Pita, P.; Cañas, I.; Soria, F.; Ruiz, F. and Toval, G., 2005.** Use of physiological traits in tree breeding for improved yield in drought-prone environments. The case of *Eucalyptus globulus*. *Invest Agrar: Sist Recur For* 14(3), 383-393
- Pittermann, J.; Sperry, J. S.; Hacke, U. G.; Wheeler, J. K. and Sikkema, E. H., 2006.** Inter-tracheid pitting and the hydraulic efficiency of conifer wood: the role of tracheid allometry and cavitation protection. *Am. J. Bot* 93: 1265-1273.
- Pockman, W.T. and Sperry, J. S., 2000.** Vulnerability to cavitation and the distribution of Sonoran Desert vegetation. *Am J Bot* 87: 1287-1299.
- Santiago, L. S.; Goldstein, G.; Meinzer, F. C.; Fisher, J. B.; Machado, K.; Woodruff, D. and Jones, T., 2004.** Leaf photosynthetic traits scale with hydraulic conductivity and wood density in Panamanian forest canopy trees. *Oecologia* 140: 543-550.
- Sperry, J. S.; Meinzer, J. C. and McCulloh, K. A., 2008.** Safety and efficiency conflicts in hydraulic architecture: scaling from tissues to trees. *Plant Cell Environ.* 31: 632-645.
- Tesón, N.; Monteoliva, S.; Licata, J. A. y Fernández, M. E., 2011.** Ecophysiological processes and wood anatomy related to growth and drought resistance in genotypes of *Eucalyptus grandis*. IUFRO 2011 *Eucalyptus: Improvement and culture of eucalypts*. Porto Seguro, Brasil, 14-18 de Noviembre de 2011, 3 pp.
- Tyree, M. T., 1999.** Water relations and hydraulic architecture. In: *Handbook of functional plant ecology*. Pugnaire, F.I. & F. Valladares. Ed. Marcel Dekker, New York. pp. 221-268.
- Vander Willigen, C. and Pammenter, N. W., 1998.** Relationship between growth and xylem hydraulic characteristics of clones of *Eucalyptus* spp. at contrasting sites. *Tree Physiol.* 18: 595-600.
- Zimmermann, M. H., 1983.** Xylem structure and the ascent of sap. Springer Verlag, Berlín.

## RESIDUOS FORESTALES PRODUCIDOS POR EL MANEJO DEL REBROTE EN PLANTACIONES DE *Eucalyptus dunnii*

Rebottaro, Silvia; Cabrelli, Daniel y Sparnochia, Lucía<sup>3</sup>

### RESUMEN

Diferentes especies del género *Eucalyptus* permiten crear recursos importantes debido a su alta productividad y sus ciclos productivos de corta duración, no obstante, desde una perspectiva ambiental, son sistemas productivos cuestionados por algunos bajo el argumento de baja sustentabilidad en el largo plazo.

La mayoría de las especies comerciales de *Eucalyptus* tienen buena capacidad para rebrotar de cepa, lo que representa una ventaja económica, permitiendo iniciar un nuevo ciclo productivo sin necesidad de volver a plantar. Además, el rebrote permite una rápida cobertura del sitio en una etapa sensible por su impacto, pero obliga a un control de la densidad que genera residuos forestales, sin embargo estos residuos cumplen una función protectora del suelo.

Si bien en los últimos años se ha comenzado a cuantificar los residuos de cosecha, la conducción del rebrote aún no ha sido considerada como una práctica capaz de minimizar los algunos impactos negativos que pueda tener la actividad forestal. En este marco, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la cantidad y composición de los residuos originados por el manejo del rebrote en plantaciones de *Eucalyptus dunnii*. La metodología consistió en un muestreo de brotes, a los cuales se les aplicó un análisis destructivo, con el fin de establecer las relaciones entre los distintos componentes de la planta (tallo, corteza, ramas, hojas). Los brotes fueron medidos y procesados a campo para la obtención del peso fresco de cada componente. Una submuestra fue llevada al laboratorio para la obtención del peso seco. Conociendo las relaciones establecidas mediante el análisis destructivo de los brotes, y conociendo la estructura poblacional antes y después del manejo del rebrote, fue posible estimar por diferencia la biomasa de los residuos dejados en el terreno, discriminando por componente. Se analizó un rango de densidad antes del manejo de 5000 a 20000 brotes por hectárea y tres escenarios post-manejo: dejando 1 tallo, 2 tallos y 3 tallos por cepa (800 a 3000 tallos por hectárea).

Los resultados mostraron que el manejo del rebrote originó hasta 25 t/ha de residuos en plantaciones de *E. dunnii*. Los diferentes componentes estuvieron representados a través de las siguientes proporciones: un 32 % de tallo principal sin corteza, 9 % de corteza, 28% de ramas y 31% de hojas.

Se concluye que el manejo del rebrote produjo una proporción elevada de residuos de alta calidad (hojas y ramas pequeñas), siendo esto coherente con la morfológica de los individuos jóvenes. Los resultados muestran la importancia de los residuos forestales generados por el manejo del rebrote, y brinda información básica sobre la cual discutir la sustentabilidad de estos sistemas, como así también herramientas para el manejo forestal sustentable.

Palabras clave: *Eucalyptus dunnii*, conducción del rebrote, residuos forestales.

---

<sup>3</sup>Cátedra de Dasonomía, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Argentina. rebottar@agro.uba.ar

## SUMMARY

Different *Eucalyptus* genus species can represent important forest resources due to its high productivity and short turn productive cycles, however, from an environmental perspective, these resources have some detractors under the argument of a low sustainability in the long term.

Most of the *Eucalyptus* commercial species have good capacity to coppice from the stump, which represents an economic advantage, obtaining a new productive cycle without a new plantation. The coppice allows a fast soil cover after the original forest harvest, but it is necessary a reduction of the multiple stems and this clearing or density control generates forest residues over the soil surface.

Although during the last years different studies have been developed to quantify the residues produced by the commercial harvest, the residues from the coppice conduction have not yet been considered like a practice to diminish the negative impact of the forest activity in the harvesting stage. In this context, the present work had as objective to evaluate the amount and composition of the residues originated by the management of the coppice in *E. dunnii* plantations. The method consisted in a sampling of plants, to which a destructive analysis was applied with the purpose of establishing relations between the different components of the plant (stem, branches and leaves). The plants were measured in the field obtaining the fresh weight of each component. A subsample was dried and weighted in laboratory. After established the relations and knowing the population structure by classes of diameter before and after the coppice management, it was possible to obtain residues biomass left on the field, discriminating by component.

The results showed that the coppice management originated residues up to 25 t/ha. These values corresponded to populations with before management densities between 5,000 and 20,000 stems by hectare and for three post-management densities leaving 1, 2 and 3 stems by stump (800 to 3000 stems by hectare). The different components were represented through the following proportions: 32% stem without bark, 9% bark. 28% branches and 31% leaves.

The results indicated that the coppice management produced a high good quality residues proportion (leaves and small branches), being this coherent with the morphologic type of the young individuals. The results show the importance of the residues generated by the coppice management, offer basic information to discuss about the system sustainability and also tools for sustainable forest management.

Key words: *Eucalyptus dunnii*, coppice management, forest residues.

## INTRODUCCION

Las proyecciones a nivel mundial y regional indican que la demanda de madera continuará aumentando, tanto desde los sectores industriales tradicionales (celulosa, papel, embalajes), como para su utilización con fines energéticos. Aunque esta seguirá siendo la función principal de las plantaciones, logrando así disminuir la presión sobre los bosques nativos, la valorización de otros componentes del sistema brindará herramientas para una producción de madera orientada hacia la aplicación de buenas prácticas. Según la FAO, el concepto de Buenas Prácticas implica “la aplicación del conocimiento disponible a la utilización sostenible de los recursos naturales básicos para la producción, en forma benévola, de productos alimentarios y no alimentarios inocuos y saludables, a la vez que produzcan la viabilidad económica y la estabilidad social (Infosylva, 2012)

El género *Eucalyptus* es un recurso genético de alta productividad potencial que la silvicultura intensiva ha permitido poner de manifiesto, acortando así los ciclos de producción. Desde una perspectiva económica, el Cono Sur presenta una gran ventaja competitiva, ya que son muchas las especies del género que pueden plantarse con éxito. Desde una perspectiva ambiental, se argumenta que estos sistemas pueden presentar una baja sustentabilidad, ya que se basan en cosechas sucesivas a través de ciclos de corta duración.

Las rotaciones cortas están asociadas con altas concentraciones de nutrientes en los tejidos de las plantas y con un alto potencial de pérdidas por unidad de superficie y de tiempo (Ericsson, 1994). Las pérdidas pueden deberse a la remoción por parte de la madera cosechada y al manejo pre y post plantación (Schönau, 1984; Nambiar, 1995).

La pérdida potencial puede ser importante, dependiendo de la especie, el método de cosecha, el tratamiento de los residuos y las características del sitio (Bormann *et al.*, 1968; Likens *et al.*, 1970; Wei *et al.*, 2000; Young, 1968.). Si se elimina toda la vegetación y se mantiene el área desnuda por algún tiempo, las pérdidas de nutrientes pueden ser significativas (Bormann *et al.*, 1968; Likens *et al.*, 1970), y la situación puede ser crítica para suelos de baja fertilidad (Da Silva *et al.*, 1983).

La mayoría de las especies comerciales de *Eucalyptus* tienen buena capacidad para rebrotar desde la cepa cortada. Esta característica representa una ventaja económica, ya que permite iniciar nuevos ciclos productivos sin necesidad de volver a plantar.

Desde una perspectiva ambiental, el rebrote permite una rápida cobertura del sitio en una etapa sensible en que el suelo queda descubierto después de la cosecha, no obstante los fines comerciales de las plantaciones obligan a realizar un control de la densidad inicial de los rebrotes, reduciendo su cantidad.

Esta intervención silvícola podría ser negativa inicialmente desde el punto de vista de la reducción de la cobertura, sin embargo los residuos que genera cumplen una función como protector físico del suelo y como mejorador químico, transfiriendo nutrientes al suelo, que estarán disponibles para las plantas residuales. Además, el vigoroso crecimiento de los rebrotes remanentes cubrirá nuevamente el suelo en forma rápida.

En los últimos años se han comenzado a cuantificar los residuos dejados sobre el terreno por efecto de la cosecha comercial (Foelkel, 2007), pero la conducción del rebrote aún no ha sido considerada como una práctica capaz de minimizar los impactos negativos de la producción, tanto por su protección física como por su función en el reciclaje de nutrientes.

En el marco descrito, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la cantidad y composición de los residuos originados por el manejo del rebrote en plantaciones de *Eucalyptus dunnii*.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Características del Sitio Experimental

El trabajo de campo se llevó a cabo en un establecimiento forestal ubicado en el municipio de Luján (34° 34' LS, 59° 06' LW), provincia de Buenos Aires, Argentina. El paisaje de la zona está compuesto por lomas alargadas y planicies suavemente onduladas. La vegetación natural (pastizal) ha sido alterada por la actividad humana. El clima es templado subhúmedo con temperatura media anual de 16,6°C y precipitación media anual de 900 mm, concentrada en otoño y primavera. Los suelos son argiudoles, de textura superficial franco-limosa a franco-arcillo-limosa, y horizonte B textural con barnices y estructura en prismas moderados.

### Rodales Evaluados

El trabajo se realizó en plantaciones *E. dunnii* destinadas a la producción de pulpa, establecidas a densidades iniciales de 2,5 x 2,5 m, 2,5 x 3,5 m y 3 x 3 m, utilizando material genético mejorado de origen australiano. Luego de la etapa de establecimiento las densidades definitivas estuvieron entre 1080 a 1450 pl/ha.

El índice de sitio promedio para el material genético utilizado por la empresa es de 23 metros de altura a los 10 años de edad. El primer ciclo productivo tiene una duración de 10 a 13 años, con rendimientos de 250 a 320 t/ha de madera comercial.

La modalidad de la empresa es acondicionar los residuos de la cosecha en hileras cada 5 a 7 líneas de plantación y no quemar el material para minimizar el impacto de la actividad forestal.

Después de la cosecha se registró un valor promedio de cepas rebrotadas del 80%, lo que en términos absolutos representó iniciar el segundo ciclo de producción con un rango de densidad de 800 a 1300 cepas activas por hectárea, según el lote.

### Metodologías para Evaluación de los Residuos

La conducción del rebrote implica que todo el material cortado se transforma en residuos, por lo tanto el procedimiento utilizado para evaluar los residuos dejados sobre el terreno como producto del manejo del rebrote consistió en calcular la diferencia entre la cantidad de biomasa antes y después del manejo, mediante la siguiente ecuación:

$$RR = \text{BioA} - \text{BioD} \quad (1)$$

Donde: RR = residuos generados por el manejo del rebrote.  
BioA = biomasa en pie antes del manejo.  
BioD = biomasa en pie después del manejo.

El cálculo de los residuos utilizando la ecuación (1) se basó en el conocer la estructura poblacional antes y después de la práctica.

Por lo tanto, la metodología requiere de dos tipos de muestreos. Uno es el utilizado en un típico relevamiento cuyo objetivo es conocer la estructura por clases de diámetro de los brotes de cada población. El otro muestreo se realizó con el fin de obtener las relaciones alométricas entre distintas partes de la planta, mediante un análisis destructivo de los brotes muestreados.

Los brotes seleccionados cubrieron el rango de tamaño presente en las poblaciones evaluadas. Sobre la base fisiológica que la tasa de transpiración es proporcional al área foliar y que la tasa de provisión de agua es proporcional al área de tejido conductor (Shinozaki *et al.*, 1964a,

1964b), se ajustaron ecuaciones para estimar las diferentes relaciones de biomasa y tamaño del brote.

El diámetro a la base de cada brote, utilizado para el análisis destructivo, fue medido con calibre digital. El brote fue procesado separando las ramas del tallo principal y obteniendo a campo el peso fresco. Una submuestra de ramas fue utilizada para medir diámetro y procesar en laboratorio para obtener el peso seco del componente foliar y leñoso. El tallo principal fue llevado al laboratorio, y procesado para obtener el peso seco del leño y de la corteza.

Se calcularon los valores promedio y la variabilidad de las características poblacionales evaluadas. Se estudiaron las relaciones entre tamaño de rama, biomasa de hojas y biomasa de leño, en ramas primarias y secundarias.

El análisis destructivo de los brotes permitió el cálculo de la participación relativa de cada componente de la planta en el peso total (hojas, ramas, tallo principal y corteza).

Finalmente, conociendo la estructura poblacional (frecuencia de clase de diámetro) de los rebrotes antes del manejo y definida la estructura post-manejo, es posible calcular la biomasa de residuos que quedan sobre el terreno luego del manejo del rebrote.

El procedimiento permite hacer una estimación de los residuos en gabinete, aún antes que el manejo del rebrote se lleve a cabo en el campo. Es decir, es posible hacer una estimación de los residuos para diferentes escenarios de densidad de tallos antes y después del manejo.

Para el presente trabajo se consideraron cuatro tipos de estructuras poblacionales antes del manejo (5000, 10000, 15000 y 20000 brotes/ha) y tres densidades post-manejo (1, 2 y 3 tallos por cepa), lo que representó entre 800 a 3000 brotes/ha.

## RESULTADOS

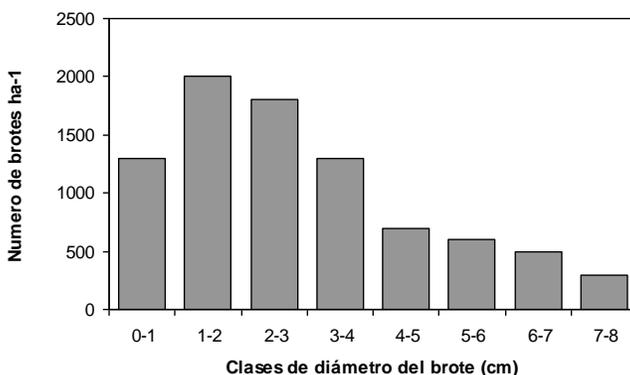
La estimación de los residuos para el presente trabajo fue realizada sobre la base de poblaciones que, antes del manejo del rebrote, tenían características ubicadas dentro de los rangos presentados en el Cuadro N° 1.

**Cuadro N° 1**  
**POBLACIONES SOBRE LAS CUALES SE ESTIMARON LOS RESIDUOS**

<b>Características</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Promedio</b>
Cepas rebrotadas (N°/ha)	648	1092	951
Brotes por cepa (N°)	8	19	11
Diámetro (cm)	1,8	6,5	3,5
Altura (m)	1,3	3,8	2,8

En la Figura N° 1 se observa la estructura poblacional antes del manejo, en términos de clases de diámetro de los brotes, para una de las plantaciones utilizadas en el presente estudio.

Se puede observar la típica distribución de frecuencia en poblaciones con alta densidad inicial y alta variabilidad de tamaño, como consecuencia principalmente de un proceso de competencia temprana a nivel intra-cepa.



**Figura N° 1**  
**ESTRUCTURA POBLACIONAL DE BROTES ANTES DEL MANEJO**  
**PARA UNA DE LAS POBLACIONES ANALIZADAS EN EL ESTUDIO**

La caracterización del diámetro y la altura de los brotes utilizados en el presente estudio indica que la muestra cubrió el rango de tamaños presentes en las poblaciones evaluadas (Cuadro N° 2).

**Cuadro N° 2**  
**CARACTERÍSTICAS DE LOS BROTES UTILIZADOS EN EL ESTUDIO**

Variable	Mínimo	Máximo	Promedio	CV (%)
Diámetro (cm)	1,82	6,10	4,08	37
Altura (m)	1,52	4,26	2,78	31

CV: Coeficiente de variación.

En los Cuadros N° 3 y N° 4 se observan las variables analizadas para ramas primarias y secundarias. Los resultados indicaron que las ramas primarias presentaron una mayor variabilidad de tamaño y que tuvieron una menor proporción de biomasa de hojas, resultando la relación significativamente inferior respecto a las secundarias.

**Cuadro N° 3**  
**DÍAMETRO DE RAMAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS**

Ramas	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Promedio (mm)	CV (%)
Primarias	4	15	7,67	46
Secundarias	2,8	4,8	3,71	16

CV: Coeficiente de variación.

**Cuadro N° 4**  
**PESO SECO PROMEDIO POR RAMA Y RELACIÓN ENTRE COMPONENTES**

Ramas	Hojas (g)	Leño (g)	Relación Hojas-Leño	CV Hojas-Leño (%)
Primarias	16,08	15,02	1,46	34
Secundarias	3,85	1,85	2,24	25

CV: Coeficiente de variación.

En el Cuadro N° 5 se observa la participación relativa de cada componente de la planta analizado. En tal sentido, la proporción de cada componente estuvo asociada con el tamaño del brote. Por ejemplo, el brote más pequeño fue el que presentó mayor participación de hojas y menor de tallo, mientras lo contrario ocurrió con el brote de mayor tamaño. Esto indica la importancia de caracterizar las relaciones en función del estado de desarrollo del brote, debido al impacto que el mismo tiene sobre la cantidad de cada componente.

**Cuadro N° 5**  
**PARTICIPACIÓN RELATIVA DE LAS DIFERENTES PARTES DE LA PLANTA**

Componente	Mínimo	Máximo	Promedio
	(% )		
Tallo	18,72	41,54	32,04
Corteza	5,28	11,72	9,04
Hojas	24,16	39,27	30,47
Ramas	22,58	36,73	28,45

Los resultados indican que la cantidad de residuos potenciales presenta una gran variabilidad, como consecuencia de la gran variación de combinaciones de densidad de plantas antes y después del manejo.

En el Cuadro N° 6 se presentan los resultados de la estimación de los residuos, para cuatro escenarios de densidad antes y después del manejo del rebrote.

**Cuadro N° 6**  
**CANTIDAD DE RESIDUOS PARA DIFERENTES SITUACIONES DE DENSIDAD ANTES Y DESPUÉS DEL MANEJO DEL REBROTE**

Antes de Manejo (Brotos/ha)	Después de Manejo (Brotos/ha)			
	800	1500	2000	3000
	( kg/ha )			
<b>5000</b>	5.460	4.550	3.900	2.600
<b>10000</b>	11.960	11.050	10.400	9.100
<b>15000</b>	18.460	17.550	16.900	15.600
<b>20000</b>	24.960	24.050	23.400	22.100

Considerando la distribución de frecuencia de las poblaciones antes del manejo del rebrote (Figura N° 1), es de esperar que esa práctica produzca mucho residuo proveniente de una alta proporción de tallos pequeños, mientras que los tallos de mayor tamaño son los que quedarán en pie luego de la conducción del rebrote. Sobre esta base, el cálculo de la cantidad de cada tipo de residuo se debería realizar ponderando en una población, tanto la proporción de tallos dentro de cada clase, como la proporción de cada parte de la planta para las distintas clases de tamaño.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En los últimos años se han comenzado a valorizar los residuos forestales reconociendo su importancia ecológica sobre la diversidad (Harmon *et al.*, 1986; Spies y Franklin, 1988; Angelstam *et al.*, 2003; Heilmann-Clausen y Christensen, 2004), la productividad (Janisch y Harmon, 2002; Spears *et al.*, 2003; Laiho y Prescott, 2004) y el flujo de energía y carbono (Cohen *et al.*, 1996). En este camino, se han comenzado a realizar evaluaciones de los residuos generados por la cosecha final o por raleos comerciales (Fernandez *et al.*, 2000; Foelkel, 2007; Rebottaro *et al.* 2008; Rebottaro *et al.*; 2010).

Poca atención se le ha dado sin embargo a la cuantificación de los residuos producidos por el control temprano de la densidad, sobre todo cuando dicha práctica tiene características de precomercial en cuanto al producto leñoso que es cortado. Adicionalmente, mucha bibliografía se ha enfocado en otras especies, como *Eucalyptus grandis*, y existen pocos estudios con *E. dunnii*, una especie que comúnmente es utilizada para la producción de pulpa.

Los sistemas donde se utiliza el rebrote como método de iniciación del ciclo se encuentran asociados a una alta producción de volumen en poco tiempo, teniendo como principal objetivo la obtención de madera para trituración.

El manejo del rebrote puede ser considerado como un raleo precomercial, equivalente al control de la densidad que resulta necesario aplicar en poblaciones muy densas, como las encontradas en procesos exitosos de regeneración natural. Debido a la alta densidad de tallos, el manejo del rebrote puede generar una gran cantidad de residuos que quedan sobre el terreno, disminuyendo el posible impacto negativo de la actividad.

La conducción del rebrote es una práctica de manejo que genera residuos de alta calidad nutricional. Las proporciones encontradas para los diferentes componentes son coherentes con la morfología de las plantas durante los primeros estados de desarrollo. Los resultados mostraron que los brotes jóvenes tuvieron una alta proporción de hojas, pero que hubo cierta variabilidad aparentemente asociada al tamaño del brote.

Adicionalmente, las diferencias encontradas según el orden de rama, indican la importancia de los cambios relativos entre diferentes partes de la planta, a medida que cambia el tamaño de la misma. En este sentido, se recomienda continuar con las evaluaciones profundizando el estudio de las relaciones entre tamaño y biomasa, tanto para las ramas como para el tallo.

La proporción de corteza encontrada en el presente trabajo fue similar a la reportada por Santana *et al.* (2000). Adicionalmente, debe considerarse que aunque la corteza representa una baja proporción de la biomasa, es un componente con alto contenido de nutrientes (Goya *et al.* 1997; Santana *et al.*, 2000).

En estados tempranos de desarrollo del cultivo forestal hay una mayor proporción de componentes con alta concentración de nutrientes, principalmente de nitrógeno y fósforo. En plantaciones jóvenes de *Eucalyptus*, la concentración de nitrógeno en las hojas puede estar en promedio alrededor 1,8%, y la de fósforo alrededor de 0,08%. Tomando en cuenta estas concentraciones y los valores de residuos encontrados en el presente trabajo, la cantidad de

nutrientes en las hojas que quedan en el suelo puede representar hasta 130 Kg de N/ha y hasta 8 Kg de P/ha.

Cuando en una rotación se efectúa la cosecha al final una proporción de nutrientes son exportados del sistema, aún en aquellos casos donde solo se retire el tallo comercial, y lo que ocurre con el resto de los nutrientes dependerá principalmente del tratamiento de los residuos. (Bellote *et al.*, 1980). En el caso de la conducción del rebrote todo el material queda en el terreno.

Adicionalmente, a diferencia de las cosechas comerciales donde los residuos quedan agrupados en hilera en algunos sectores del campo, los residuos por el manejo del rebrote quedan dispersos en el suelo de forma más o menos homogénea. Esto brinda una mayor protección física al suelo y una mayor uniformidad en el reciclaje de nutrientes. Otra característica es que estos residuos no se queman, lo que representa una buena práctica al no generar cambios drásticos en el suelo y permitir una descomposición gradual de los mismos.

En consecuencia, desde una perspectiva ambiental el manejo del rebrote debe valorizarse en torno a varios aspectos:

-Los residuos producidos representan una importante cantidad de biomasa, ya que en términos relativos esta es mayor que aquella que queda en pie.

-Los residuos no son quemados, lo que representa una ventaja ambiental.

-Los residuos quedan distribuidos sobre el terreno de manera más o menos homogénea, brindando mayor protección física al suelo.

-Los residuos presentan una alta proporción de hojas y tejidos leñosos jóvenes, lo que implica una alta concentración de nutrientes.

## REFERENCIAS

**Angelstam, P. K.; Büttler, R.; Lazdinis, M.; Mikusinski, G. and Roberge, J. M., 2003.** Habitat thresholds for focal species at multiple scales and forest biodiversity conservation-dead wood as an example, *Ann. Zool. Fennici* 40: 473–482

**Bellote, A. F. J.; Sarrugue, J. R.; Haag, H. P. e Oliveira, G. D., 1980.** Extração e exportação de nutrientes pelo *E. grandis* Hill ex-Maiden em função da idade. *Macronutrientes*. 20:1- 23.

**Bormann, F. H.; Likens, G. E.; Fisher, D. W. and Piere, R. S., 1968.** Nutrient loss accelerated by clear cutting of forest ecosystems. *Science*, 159: 882- 884.

**Cohen, W. B.; Harmon, M. E.; Wallin, D. O. and Fiorella, M., 1996.** Two decades of carbon flux from forests of the Pacific Northwest: estimates from a new modeling strategy, *Bio Science* 46: 836–844.

**Da Silva, F.; Poggiani, F. e Coelho, L., 1983.** Biomassa, concentração e conteúdo de nutrientes em cinco especies de *Eucalyptus* plantadas em solos de baixa fertilidade. *Bol. Pesq. Flor. Curitiba* (6/7): 9-25.

**Ericsson, T., 1994.** Nutrient dynamics and requirements of forest crops. *New Zealand Journal Forestry Science* 24, 133–168.

**Fernandez, R.; Lupi, A.; Pahr, N.; Reis, H. y O'leary, H., 2000.** Técnicas de manejo de residuos de cosecha para el establecimiento forestal y su impacto sobre la condición química de los suelos rojos del noreste de Argentina. En: *Avances en Ingeniería Agrícola*. Ed. Facultad de Agronomía, UBA. Buenos Aires. p.243-248.

**Foelkel, C., 2007.** Gestão ecoeficiente dos resíduos florestais lenhosos da eucaliptocultura. [www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT07residuoslenhosos.pdf](http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT07residuoslenhosos.pdf).

**Goya, J. F.; Frangi, J. L.; Dalla Tea, F.; Marco, M. A. y Larocca, F., 1997.** Biomasa, productividad y contenido

de nutrientes en plantaciones de *Eucalyptus grandis* en el NE de la provincia de Entre Ríos. Memorias XII Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, ER, Argentina, Oct.-97.

**Harmon, M. E.; Franklin, J. F.; Swanson, E. J.; Sollins, P.; Gregory, S. V.; Lattin, J. D.; Anderson, N. H.; Cline, S. P.; Aumen, N. G.; Sedell, J. R.; Lienkaemper, G. W.; Cromack Jr., K. and Cummins, K. W., 1986.** Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems, *Adv. Ecol. Res.* 15: 133–302.

**Heilmann-Clausen, J. and Christensen, M., 2004.** Does size matter? On the importance of various dead wood fractions for fungal diversity in Danish beech forests, *For. Ecol. Manage.* 201: 105–117.

**INFOSYLVA, 2012.** Boletín 02-03/12.

**Janisch, J. E. and Harmon, M. E., 2002.** Successional changes in live and dead wood carbon stores: implications for net ecosystem productivity. *Tree Physiol.* 22: 77–89.

**Laiho, R. and Prescott, C. E., 2004.** Decay and nutrient dynamics of coarse woody debris in northern coniferous forests: a synthesis, *Can. J. For. Res.* 34: 763–777.

**Likens, G. E.; Bormann, F.H.; Johnson, N. M.; Fischer, D. W. and Pierce, R. S., 1970.** Effects of forest cutting and herbicide treatment on nutrient budgets in Hubbard Brook watershed ecosystems. *Ecol. Mono.*, 40: 23 - 47.

**Nambiar, S. K. E., 1995.** Sustained Productivity of Plantations: Science and Practice. Simposio IUFRO para Cono Sur Americano, Manejo Nutritivo de Plantaciones forestales, Valdivia, Chile: 387-393.

**Rebottaro, S.; Cabrelli, D.; Acqualagna, A.; Valente, A. e Alonso Galland, A., 2008.** Produção da madeira comerciais e resíduos florestais do primeiro desbaste em populações de *Pinus elliottii*. Palestra oral. Em: 4<sup>o</sup> Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal, 26 a 28 de novembro 2008, Universidade Federal de Santa Maria, RS, BRAZIL.

**Rebottaro, S.; Cabrelli, D.; Valente, A. y Acqualagna, A., 2010.** Producción y uso potencial de residuos forestales en poblaciones de *Pinus elliottii* bajo diferentes condiciones silvícolas. Conferencia En VI Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Forestales. Univ. Pinar del río, Cuba. 21- 24 abril 2010.

**Santana, R. C.; Barros, N. F. and Comerford, N. B., 2000.** Above-ground biomass, nutrient content, and nutrient use efficiency of Eucalypt plantations growing in different sites in Brazil. *New Zealand Journal of Forestry Science* 30, 225–236.

**Schönau, A. P. G., 1984.** Silvicultural considerations for high productivity of *Eucalyptus grandis*. *Forest Ecology and Management* 9:295-314

**Shinozaki, K.; Yoda, K.; Hozumi, K. and Kira, T., 1964a.** A quantitative analysis of plant form - the pipel model theory I. Basic analyses. *Japanese Journal of Ecology* 14: 97-105.

**Shinozaki, K.; Yoda, K.; Hozumi, K. and Kira, T., 1964b.** A quantitative analysis of plant form - the pipe model theory II. Further evidence of the theory and its application in forest ecology. *Japanese Journal of Ecology* 14: 133-139.

**Spears, J. D. H.; Holub, S. M.; Harmon, M. E. and Lajtha, K., 2003.** The influence of decomposing logs on soil biology and nutrient cycling in an old-growth mixed coniferous forest in Oregon, U.S.A., *Can. J. For. Res.* 33: 2193–2201

**Spies, T. A. and Franklin, J. F., 1988.** Coarse woody debris in Douglas-fir forest of Western Oregon and Washington, *Ecology* 69 : 1689–1702.

**Wei, X.; Liu, W.; Waterhouse, J. and Armleder, M., 2000.** Simulations on impacts of different management strategies on long-term productivity in Lodgepole Pine forest of the central interior of British Columbia. *For. Ecol. Manage.* 133: 217-229.

**Young, H. E., 1968.** Challenge of complete tree utilization. *For. Prod. J.*, 18: 83-86.

# ESTUDIO DEL PERFIL DE HUMEDAD EN MADERA DE *Eucalyptus nitens* CON EL AUXILIO DEL MICROTOMO ROTATORIO DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL

Rozas, Carlos<sup>4</sup>; Cofre, Jordana y Muñoz, Freddy

## RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo determinar los perfiles de humedad en madera de *Eucalyptus nitens* con el auxilio del micrótopo manual rotatorio de desplazamiento horizontal.

Se utilizó madera de corte tangencial de 36mm de espesor, 100mm de ancho y 60cm de largo, las cuales fueron sometidas a diferentes temperaturas de secado (40°C, 60°C, 80°C, 100°C y 120°C), en una estufa de laboratorio.

El perfil de humedad fue obtenido al inicio y en el momento que aparecieron las grietas superficiales. Además, se determinó el contenido de humedad, la densidad básica y la densidad anhidra de cada una de las muestras utilizadas en este estudio.

Los resultados obtenidos para la densidad básica, densidad anhidra y contenido de humedad inicial promedio, fue de 0,51 g/cm<sup>3</sup>, 0,65 g/cm<sup>3</sup> y 117,7%, respectivamente.

De los perfiles de humedad obtenidos, se pudo comprobar que esta madera presenta una rápida pérdida de humedad superficial en cuanto el centro esta cercano al contenido de humedad inicial, concluyéndose que esta madera presenta una baja permeabilidad y que el movimiento de agua que la caracteriza es por difusión.

Se observó, también que existe una estrecha relación entre el contenido de humedad inicial y el contenido de humedad en el cual ocurren las grietas siendo que, cuanto mayor el contenido de humedad inicial más alto es el contenido de humedad en el cual ocurren las grietas superficiales en la madera.

Palabras clave: Secado de madera, *Eucalyptus nitens*.

---

<sup>4</sup> Universidad del Bio Bio. Chile [erozas@ubiobio.cl](mailto:erozas@ubiobio.cl)

## ABSTRACT

The present study aims to determine the moisture profiles of *Eucalyptus nitens* wood with the aid of the manual of horizontal scrolling rotary microtome.

Wood samples were sawed in tangential cut at 36mm thick, 100mm wide and 60cm long, and were dried under different temperatures (40°C, 60°C, 80°C, 100°C and 120°C) in a laboratory oven.

The moisture profile was obtained at the beginning and at the time that appeared surface cracks. In addition, it was determined the moisture content, the basic density and the anhydrous density of each of the samples used in this study.

The results obtained for the basic density, the anhydrous and the initial moisture content average was 0.51 g/cm<sup>3</sup>, 0.65 g/cm<sup>3</sup> and 117.7 %, respectively.

From the moisture profiles obtained, it was possible to verify that this wood presents a surface moisture rapid loss as soon as the center is close to the initial moisture content, and the conclusion is that this wood has a low permeability and that the water movement water is characterized by diffusion.

It was also noted that there is a close relationship between the initial moisture content and the moisture content at which occurs the cracks and the greater the initial moisture content the higher the moisture content in which occur surface cracks in the wood.

Key words: Wood drying, *Eucalyptus nitens*.

## INTRODUCCION

La madera de *Eucalyptus nitens* es una excelente materia prima para la industria de la celulosa y papel, sin embargo para las industrias de transformación mecánica no ha sido fácil la elaboración de productos de mayor valor agregado, debido a limitaciones y características desfavorables, tales como la presencia de las tensiones de crecimiento, contracción relativamente alta, susceptibilidad al colapso durante el secado y principalmente a la presencia de las grietas superficiales e internas. Estas graves distorsiones y degradación en la calidad de la madera aserrada, la convierten en una especie cuya utilización como madera sólida presenta un gran desafío tecnológico.

Según estudios realizados en la Universidad del Bío-Bío la madera de *Eucalyptus nitens* presenta una fuerte evaporación superficial, generando altos gradientes de humedad, contracciones prematuras a nivel de superficie y tensiones de secado, originando grietas superficiales e internas. Cuando el colapso es severo, debido a la baja resistencia mecánica de la pared celular de la madera, se generan grietas superficiales e internas en la madera (Rozas *et al.*, 2005).

La madera se encuentra con un contenido de humedad uniforme dentro de la pieza solo cuando es recién aserrada, luego que se inicia el proceso de secado esta humedad comienza a modificarse generando un movimiento desde el centro hacia la superficie, desde la zonas de alta humedad hacia las zonas de baja humedad, produciendo así una diferencia de humedad entre el centro y la superficie de la pieza. Esto significa que la parte externa debe estar más seca que el interior de la madera para que ocurra el secado. La diferencia que se define entre el contenido de humedad de la pieza en el centro y en la superficie es lo que se conoce como gradiente de humedad.

La madera verde al momento de ser sometida a un proceso de secado contiene un flujo de agua libre sobre el punto de saturación de las fibras (PSF) y de agua higroscópica y vapor de agua bajo el PSF. El agua libre contenida en los lúmenes de las células se vincula directamente con la propiedad de permeabilidad que posee la madera, mientras que la difusión de agua higroscópica bajo el PSF tiene relación con la densidad de las paredes celulares. Los perfiles de humedad entonces dependen en gran parte de las propiedades físicas de la madera y el control de los factores que afectan el proceso de secado.

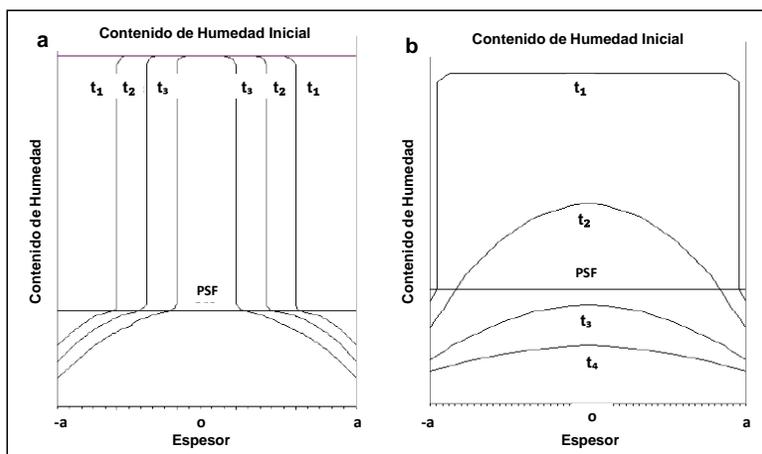
Sobre el punto de saturación de las fibras los gradientes de humedad son distintos entre maderas permeables y poco permeables, en el caso de las maderas permeables éstas tienen un mayor flujo de pérdida de agua libre, lo que conlleva a gradientes de humedad menores. En el caso que la humedad de la madera se encuentre bajo el punto saturación de las fibras para maderas permeables y poco permeables los gradientes de humedad son esencialmente los mismos (Hart and Darwin, 1971).

Durante el proceso de secado la humedad de la madera se mueve principalmente sobre el punto de saturación de las fibras, siendo el objetivo fundamental en esta etapa del proceso eliminar el contenido de humedad lo más pronto posible evitando provocar defectos. Cuando se le aplica a la madera un proceso de secado demasiado brusco los gradientes de humedad obtenidos son excesivos y la contracción desigual resultante puede ocasionar defectos en la madera. Al tener la capacidad de predecir los perfiles de humedad se pueden controlar los programas y las condiciones de secado previniendo así los defectos que se producen en este proceso (Resch *et al.*, 1989).

Hawley (1931), Simpson (1976) y Rice and Young (1991) discutieron los mecanismos de secado que existen en la madera. Ellos compararon dos tipos de secado extremo; uno donde no hay movimiento de agua libre (Figura N° 1a) y un segundo mecanismo donde existe movimiento de agua libre hacia la superficie (Figura N° 1b).

La Figura N° 1a muestra una madera poco permeable con su respectivo gradiente de humedad y con una pérdida de humedad en sus dos caras en forma simétrica. El movimiento de humedad en la superficie de la pieza ocurre por difusión a causa de un gradiente higroscópico entra la superficie y el centro, y en este caso el contenido de humedad aumenta en una línea vertical. De este modo el agua libre se mueve solo en esta línea húmeda y el contenido de humedad que existe en el centro se mantiene en el nivel de contenido de humedad inicial hasta que se contrae la línea húmeda. Consecuentemente el perfil de humedad resulta ser discontinuo en el PSF.

En la Figura N° 1b se puede observar un mecanismo que combina el movimiento de difusión y agua líquida, a través del gradiente de humedad. El movimiento de agua en este caso sucede tanto en el interior como en la superficie. El perfil de humedad resulta ser continuo y en forma parabólica. No existe línea húmeda y el agua libre puede moverse del centro antes que este alcance el punto de saturación de las fibras. Este tipo de gradiente prevalece en la mitad y en las últimas etapas del proceso de secado.



(Fuente: Perfil de humedad según Hawley, 1931. Adaptado de Rice and Young, 1991)  
a) madera poco permeable b) madera permeable  
 $t_1, t_2, t_3, t_4$  : tiempo de secado

### Figura N° 1 EJEMPLOS DE PERFIL DE HUMEDAD

Las grietas superficiales son aberturas en la superficie de la pieza que se deben a los esfuerzos de tracción en la superficie de madera. La aparición de las grietas superficiales acontece cuando el esfuerzo en tracción perpendicular a las fibras excede la resistencia mecánica de la madera (tejidos leñosos), provocando una ruptura en esta. Este tipo de grietas suelen aparecer cuando las condiciones ambientales son muy severas, por ejemplo bajas humedades relativas, producen un secado muy rápido de las capas superficiales, alcanzando valores bajo el PSF, mientras que las capas que se encuentran al interior de la pieza todavía se encuentran con contenido de humedad sobre el 30%.

Normalmente las fisuras aparecen en los tejidos que componen los radios, los cuales son constituidos por las células parenquimáticas (Galvao and Jankowsky, 1985. Citado por De Andrade, 2000). Por lo general, se producen en la etapa inicial del proceso de secado y si se consigue detectarlas a tiempo, se pueden reducir manejando las condiciones ambientales que

afectan el proceso, tales como la humedad relativa y la temperatura (Rozas, 2007). Según STCP (1990) citado por De Andrade (2000), existen mayores posibilidades que aparezcan grietas en maderas con una alta densidad, las cuales son maderas poco permeables y en maderas gruesas (espesores mayores). El objetivo de este estudio es evaluar el perfil de humedad en madera de *Eucalyptus nitens* con el auxilio del del micrótopo rotatorio de desplazamiento horizontal.

## MATERIAL Y METODO

En este estudio se utilizó madera aserrada de *Eucalyptus nitens* en corte tangencial, las dimensiones de las tablas fueron 35 mm de espesor, 100 mm de ancho y un metro de largo, que fueron obtenidas de la periferia de trozas con un diámetro de 30 cm y un metro de largo. De cada tabla fue retirada una muestra de 60 cm de largo para el estudio de medición del perfil de humedad, tanto al inicio del secado como cuando ocurren las grietas superficiales. Dos muestras de 20mm de cada lado para la determinación de la densidad básica y contenido de humedad inicial de la madera de acuerdo a lo establecido en las Normas Chilenas NCh 176/1. Of. 84 y NCh 176/2. Of. 84 (INN, 1986a; 1986b). Para disminuir la pérdida de humedad en el sentido longitudinal, las muestras fueron selladas con pasta selladora y papel aluminio en sus extremos.

Las muestras fueron sometidas a secado en estufa de laboratorio a temperaturas constantes de 40°C, 60°C, 80°C, 100°C y 120°C. La estufa fue precalentada a la temperatura correspondiente antes de comenzar el ensayo de secado. La temperatura de la estufa fue controlada por el propio termómetro de la estufa y por un termómetro adicional colocado dentro de esta. El ensayo finalizaba una vez que las muestras presentaban grietas superficiales, obteniéndose de cada probeta una muestra cercana a la superficie agrietada, en forma de cubo de dimensiones 20 x 20 x 36 mm de la cual fueron obtenidas 35 láminas de 0,7mm de espesor a través del micrótopo manual de desplazamiento horizontal, las cuales fueron utilizadas para evaluar el perfil de humedad (Figura N° 2).



Figura N° 2  
PROBETAS PARA GRADIENTE DE HUMEDAD

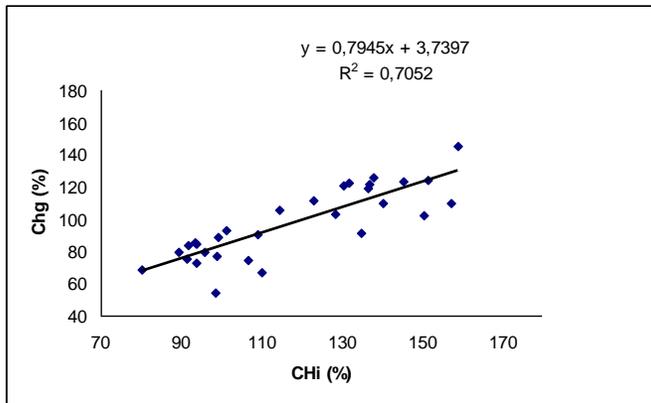
## RESULTADO Y DISCUSION

En el Cuadro N° 1 se muestran los valores promedios de la densidad básica y anhidra y el contenido de humedad inicial de todas las probetas utilizadas, encontrándose que la densidad básica de la madera fue de 0,51 g/cm<sup>3</sup>, la densidad anhidra de 0,65 g/cm<sup>3</sup> y un contenido de humedad inicial de 117,7%. Estos valores son comparables con los obtenidos por Rozas y Gallardo (2003); densidad básica 0,54 g/cm<sup>3</sup> y contenido de humedad 107% para la madera de *Eucalyptus nitens*.

**Cuadro N° 1**  
**VALORES PROMEDIO DE DENSIDAD BÁSICA, ANHIDRA**  
**Y CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL DE LA MADERA**

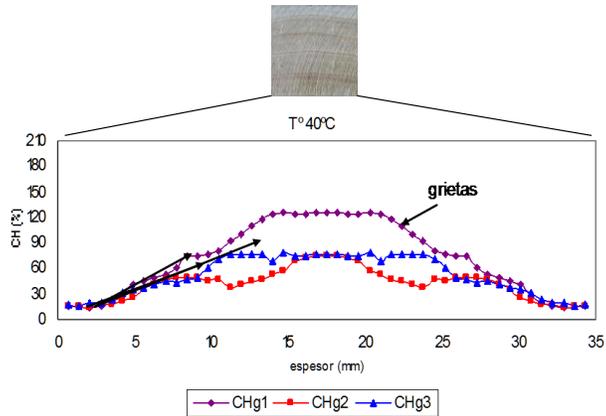
Parámetros	$\rho_{b_3}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_{o_3}$ (g/cm <sup>3</sup> )	Chi (%)
Probetas (N°)	60	60	60
Promedio	0,51	0,65	117,7
Desviación Estándar	0,06	0,0016	29,4
Coefficiente Variación	0,12	0,0025	0,25

En la Figura N° 3 se aprecia la relación que existe entre el contenido de humedad inicial que posee la madera y el contenido de humedad en el momento que se presentan las grietas superficiales. Se observa claramente la tendencia que cuanto mayor el contenido de humedad inicial de la madera el contenido de humedad al cual aparecen las grietas también aumenta. Por ejemplo, para un contenido de humedad inicial entre 80,2% y 110,1% el contenido de humedad en que aparecen las grietas fue entre 54,1% y 91%, y para un contenido de humedad entre 122,8% y 158,8% las grietas superficiales ocurrieron entre 91,8% y 145,0%.

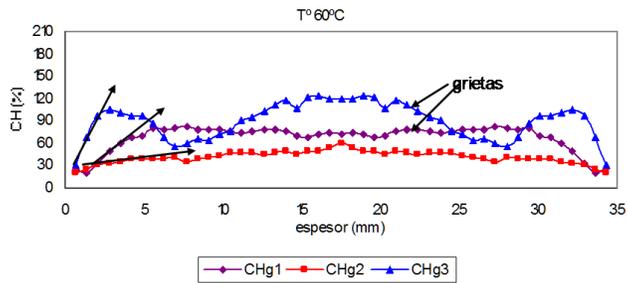


**Figura N° 3**  
**RELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL Y EL CONTENIDO**  
**DE HUMEDAD CUANDO APARECEN LAS GRIETAS SUPERFICIALES**

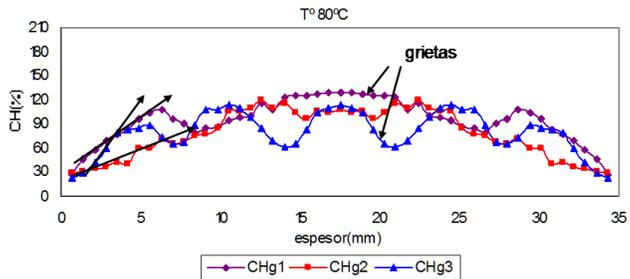
En las Figuras N° 4, N° 5, N° 6, N° 7 y N° 8 se pueden observar los perfiles de humedad para cada una de las temperaturas de secado. Cada punto representa el contenido de humedad de cada lámina de 0,7mm de espesor. Se puede apreciar, que los valores de contenido de humedad en la superficie cuando aparecen las grietas superficiales, se encuentran cercanos o bajo el PSF, hallándose entre 11,8% y 31,5%, mientras que en el centro de la pieza el contenido de humedad aún se encuentra sobre el punto de saturación de las fibras, entre 45,2% y 126,4%. Las flechas observadas en los gráficos indican la pendiente que representan las capas mas cercanas a la superficie y se puede estimar que mientras mas inclinada se encuentre esta pendiente, acercándose al eje horizontal, el gradiente será menor.



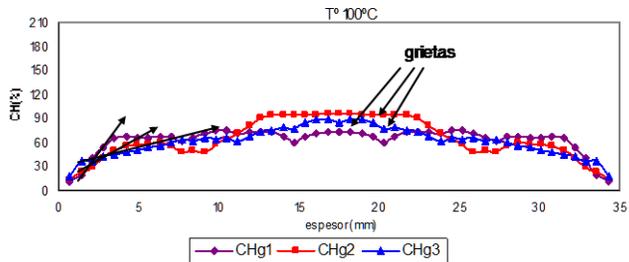
**Figura N° 4**  
**PERFIL DE HUMEDAD EN MADERA TEMPERATURA DE SECADO DE 40°C**



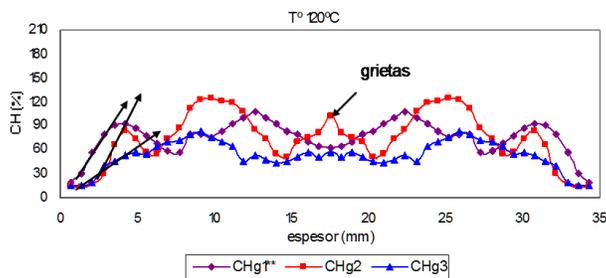
**Figura N° 5**  
**PERFIL DE HUMEDAD EN MADERA TEMPERATURA DE SECADO DE 60°C**



**Figura N° 6**  
**PERFIL DE HUMEDAD EN MADERA TEMPERATURA DE SECADO DE 80°C**



**Figura N° 7**  
**PERFIL DE HUMEDAD EN MADERA TEMPERATURA DE SECADO DE 100°C**



**Figura N° 8**  
**PERFIL DE HUMEDAD EN MADERA TEMPERATURA DE SECADO DE 120°C**

Se puede observar que existe una leve tendencia de aumentar el perfil de humedad al aumentar la temperatura, esto significa que al aplicar temperaturas muy elevadas la superficies de las muestras perderán humedad mucho más rápido alcanzando un contenido de humedad cercano o bajo al PSF, mientras que en el centro el contenido de humedad todavía se encuentra sobre el PSF.

En general, los perfiles más altos determinados entre la superficie y el centro están relacionados con la aparición de grietas superficiales, independientemente de la temperatura empleada. Es decir, donde se obtuvieron los gradientes más altos hubo presencia de grietas.

La temperatura de 40°C presentó la mayor diferencia de humedad entre la superficie y el centro, con un contenido de humedad de 14,9% en la superficie y 126,4% en el centro, y el menor valor de gradiente de humedad se aprecia en la muestra 2 a la temperatura de 60°C, con una humedad de 19,9% en la superficie y 59,0% en el centro.

En general, se puede apreciar que los mayores perfiles de humedad están relacionados con el mayor contenido de humedad inicial de las muestras.

Las curvas de perfil de humedad, sobre todo en las capas contiguas a la superficie, caracterizan a esta madera como poco permeable. Estas curvas se pueden comparar con las obtenidas por Rice and Young (1991), donde no existe movimiento de agua libre.

De acuerdo con varios autores (Kollmann & Cote, 1968; Siau, 1984) el movimiento de agua capilar ocurre de una célula a otra por las aberturas naturales que posee la madera. Por eso para las especies de *Eucalyptus* este movimiento es obstaculizado por las características anatómicas propias de esta especie; los diámetros de sus puntuaciones son pequeños y sus vasos se encuentran usualmente bloqueados por tilosis.

Estas características definen a esta especie como poco permeable, lo que hace que el flujo de masa con respecto al tiempo se dificulte.

## CONCLUSIONES

El microtomo de desplazamiento horizontal facilita satisfactoriamente la obtención de láminas para determinar los perfiles de humedad, permitiendo acercarse al comportamiento real del perfil de humedad que existe en un determinado espesor.

Independientemente de la temperatura de secado, el comportamiento que adoptan los perfiles de humedad con respecto a su espesor es similar, en la superficie se aprecia un contenido de humedad bajo el PSF mientras que en el centro de la pieza el contenido de humedad está sobre este punto.

Existe una estrecha relación entre el contenido de humedad inicial de la madera y el contenido de humedad en el cual aparecen las grietas superficiales.

En lo referente a la permeabilidad que posee *Eucalyptus nitens*, esta es una especie poco permeable, lo que significa que existen más obstáculos para la eliminación del agua libre y es por esto que las temperaturas aplicadas en las primeras etapas del proceso no deben ser mayores a 40°C, ya que en esta etapa es donde se produce un rápido secamiento de la superficie lo que genera gradientes de humedad excesivos y hace posible la aparición de grietas superficiales.

## REFERENCIAS

**De Andrade, A., 2000.** Indicação de programas para secagem convencional de madeiras. Teses de Magister, Universidad de São Paulo, Piracicaba, 72p.

**Galvão, A. P. M. y Jankowsky, I. P., 1985.** Secagem Racional da Madeira. São Paulo: Nobel, 111 p.

**Hart, A. C. and Darwin, M. W., 1971.** The slow drying rate of White Oak. Wood Science, 4 (1): 46-54.

**INN, 1986a.** Norma Chilena Oficial 176. NCh 176/1. Determinación del contenido de humedad de la madera. Primera Edición. Santiago Chile.

**INN, 1986b.** Norma Chilena Oficial 176. NCh 176/2. Determinación de la densidad de la madera. Primera Edición. Santiago Chile.

**Kollmann, F. F. P. and Côté, W. A., 1968.** Principles of wood science and technology solid wood. New York: Springer, v.1, 592 p.

**Resch, H.; Kang, H. and Hoag, L. M., 1989.** Drying Douglas Fir lumber: a computer simulation. Wood and Fiber Science. 21 (3): 207-218.

**Rice, W. R. and Young, L. R., 1991.** One and two dimensional moisture profiles in Red Oak. Wood and Fiber Science, Madison, 23 (3): 328-341.

**Rozas, C. y Gallardo, R., 2003.** Variación de la densidad básica con la altura del árbol en *Eucalyptus nitens* y *globulus* de 10 y 14 años de edad. CIS-MADERA. No 10 -1er semestre: 67-76.

**Rozas, C.; Sanchez, R. y Pinedo, P., 2005.** Secado de *Eucalyptus nitens* y *E. globulus* y su aprovechamiento en

blocks, pisos y muebles. *Maderas, Ciencia y Tecnología*. 7(2):109-120.

**Rozas, C., 2007.** Modelo de transferência de calor y massa na secagem de madeira serrada de Pinus. Tesis de Doctorado, Universidad Federal de Paraná, Curitiba, Brasil. 155 p.

**Siau, J. F., 1984.** Transport processes in wood. New York: Springer-Verlag, 245 p.

**Simpson, W. T., 1976.** Effect of presteaming on moisture gradient of Northern Red Oak during drying. *Wood Sci., Madison*, 8: 156-159.

## RESUMEN

Los bosques, praderas y cultivos son indispensables para la humanidad por los bienes que generan y por cumplir funciones ecológicas que constituyen la base de la vida en el planeta al proteger el suelo, el agua y el hábitat para la sobrevivencia de animales, aves, plantas y el ser humano. El uso simultáneo de árboles y praderas en un mismo sitio es el denominado silvopastoreo que es una muy buena alternativa productiva para mantener la biodiversidad y la producción sustentable de un vasto territorio del país. Sin embargo, el éxito de este sistema productivo depende del apropiado uso de técnicas de siembra, manejo de establecimiento y utilización animal de las praderas, como asimismo, del manejo de los árboles. El presente trabajo señala los principales factores que determinan el éxito o el fracaso en el establecimiento de praderas tanto solas como en un sistema silvopastoral, aspectos de importancia que deben ser considerados.

La elección del suelo es importante ya que un sistema silvopastoral se puede establecer en suelos de lomajes o sectores planos inundables en invierno, y esto determinará las especies o mezcla recomendadas para la siembra. La rotación de cultivos no tiene ningún costo y presenta dos ventajas a) disminuye la competencia con malezas y b) permite la preparación temprana de suelo sin atrasar la época de siembra. El tamaño reducido de las semillas de la mayoría de las plantas forrajeras exige que la cama de siembra quede lo más mullida posible, para así evitar que algún impedimento físico limite o impida la emergencia de las plántulas. En consecuencia, el principal objetivo de la preparación de un suelo debe ser descompactarlo y lograr una adecuada cama de semilla.

La siembra, debe optimizar el porcentaje de emergencia de las plántulas para conseguir una adecuada población al establecimiento. La dosis de semilla recomendada es de unos 25 kg/ha, según sea la mezcla de leguminosas y gramíneas elegidas. Como ejemplo: ballica anual (5-10 kg/ha), pasto ovillo (10 kg/ha), festuca (10 kg/ha) y falaris (5 a 7 kg/ha). En el caso específico de la siembra asociada a falaris, la dosis de la mezcla de leguminosa debe disminuir a solo 12 kg/ha. La época de siembra óptima es el mes de abril en precordillera y el de mayo en el secano interior y costero.

La fertilización es otro manejo importante a realizar, sobre todo en suelos que han sido afectados por la erosión y que por ende presentan una baja fertilidad natural. Los requerimientos variarán de acuerdo al tipo de suelo, la rotación cultural y las especies forrajeras que se desea establecer. Los nutrientes más importantes a considerar en cualquier siembra de praderas son nitrógeno, fósforo y potasio, además de calcio, azufre y boro. Para ello, es importante un análisis de suelo previo a la siembra de la pradera y así determinar la correcta dosis de fertilizantes a usar. Si no se cuenta con el análisis correspondiente y dependiendo de cada zona agroecológica en particular; secano costero, secano interior y precordillera andina, se debería fertilizar con carbonato de calcio 1.500, 1.500 y 2.000 kg/ha; superfosfato triple 180, 180 y 300 kg/ha; muriato de potasio 140, 140 y 120 kg/ha y boronatrocalcita 20, 20 y 10 kg/ha, respectivamente. Finalmente, el establecimiento de la pradera deberá ser planificado con tiempo y efectuarlo en buena forma, en la época oportuna y cuidadosamente, para asegurar que, dado su alto costo de establecimiento, tenga una larga vida útil productiva.

Palabras clave: Establecimiento de praderas, silvopastoreo.

## SUMMARY

Forests, prairies and cultures are essential to mankind, producing goods and foods and having a variety of environmental services related to the water and the soil protection and providing the habitat to animals, plants and human being. Simultaneous use of forest and prairies in the same site is known as agroforestry, an appropriate productive way to maintain biodiversity and allow a sustainable production in large areas of the country. However, success using agroforestry systems depends on the appropriate use of sowing, establishment and utilization techniques, as well as sylviculture treatments. This paper presents the main factors determining success or failure in prairies establishment as a single culture or integrated in agroforestry systems.

Since prairies can be established in humid flat soils or in hills soil selection is an important matter and recommended species or species mixtures to include will depend on this selection. Crops rotation has no costs and has advantages like a reduction on weeds competition and allowing a timely sowing. The small seeds size of most forage species demands a springy seeds bed to avoid physical problems restricting seedlings emergence. So that main soil preparation objective is to reduce soil compacting to allow an appropriate seed bed.

Sowing has to optimize seedling emergence to obtain a suitable establishment population. Recommended seed dose is about 25 kg/ha depending on the selected legume and grass mixture. For instance, Ryegrass 5-10 kg/ha, Orchardgrass 10 kg/ha, Fescue 10 kg/ha and Canarygrass 5 a 7 kg/ha. In the case of Canarygrass sowing the legume mixture seed dose should be reduced to 12 kg/ha. Best sowing time in Andean foothills is April and in costal and central valley drylands is May.

Fertilization is another important practice mainly in eroded soils with a low natural fertility. Requirements will vary according to the soil type, the rotation and the forage species to establish. Most important nutrients to be considered in prairie establishment are Nitrogen, Phosphorus, Potassium and also Calcium, Sulfur and Boron.

A previous soil analysis is a useful tool to determine the correct fertilizers dose, however is this analysis is not available and depending on each ecological zone; Andean foothills, costal drylands or central valley drylands, recommended fertilization is Calcium carbonate 1.500, 1.500 y 2.000 kg/ha; triple superphosphate 180, 180 y 300 kg/ha; Potassium muriate 140, 140 y 120 kg/ha and Commonite 20, 20 y 10 kg/ha, respectively.

Prairie establishment has a high cost, so that the work must be planned in advance and carried out timely and carefully to obtain a prairie productive life cycle.

Keywords: Prairies establishment, agroforestry.

## INTRODUCCIÓN

Existen muchos factores que determinan el éxito o el fracaso en el establecimiento de praderas, todos de igual importancia y deben ser considerados al momento de establecer nuevas praderas y poder así minimizar las posibles fallas, que se traducen en pérdidas de tiempo, dinero y desilusión. Pero no basta con sembrar una pradera para tener éxito, ni basta con que la pradera este emergida, el éxito se logrará cuando la empastada cumpla la finalidad para la cual fue sembrada, por lo que el término siembra es mucho más que simplemente desparramar la semilla, sino que debe considerar todas las condiciones que la rodean, por esto es que se revisan algunos factores que hay que revisar y que inciden en el establecimiento exitoso de una pradera.

## SUELOS

En el secano interior, las explotaciones agrícolas se ubican en sectores de lomajes o en suelos planos, también existen predios que comparten los 2 tipos de posiciones topográficas. La elección del suelo dentro de estos sectores es fundamental, ya que determinará las especies o mezcla a elegir.

### Sectores de Lomajes

Los sectores de lomajes se ubican en precordillera, secano interior y costero, sus suelos presentan un fuerte impacto de la agricultura sobre el medio ambiente, debido a prácticas inadecuadas de manejo de los recursos naturales, de labranza de sobrepastoreo, que han llevado a un acelerado proceso erosivo que en algunos casos a dañado en forma irreparable su capacidad productiva. Debido a este problema se deben elegir los mejores suelos, con pendiente moderada, no mayor a 20 %, y sin erosión severa (Figura N° 1). Las especies a sembrar dependerán de la textura del suelo, del nivel de fertilidad, de la pluviometría del sector y del uso que se les dará.



**Figura N° 1**  
**LOMAJES TÍPICOS DEL SECANO INTERIOR**

### Sectores de Llanos

Los sectores de llanos se ubican en el secano interior, son terrenos planos, inundables en invierno y en la mayoría de los casos con suelos de textura arcillosa. Tienen una vocación natural ganadera (Figura N° 2). Si existen espinales se debe elegir los menos densos para poder trabajar con maquinaria y seleccionar aquellos suelos que tengan buena fertilidad y un drenaje aceptable.



**Figura N° 2**  
**LLANOS CARACTERÍSTICOS DEL SECANO INTERIOR**

### **ROTACIÓN DE CULTIVOS**

La rotación de cultivos corresponde a la secuencia de estos que se ha establecido en un determinado potrero en un período de tiempo. Aplicar este concepto no tiene ningún costo para el productor y presenta dos ventajas fundamentales en el caso de establecer praderas permanentes en zonas de secano. La primera de estas ventajas está relacionada con la competencia con especies naturales. Las praderas dominantes en el área están constituidas por especies naturalizadas anuales, es decir cada año producen semillas que germinan en la temporada siguiente para constituir la pradera. Esta germinación depende de la cantidad de semilla que existe en el suelo y la cantidad de esta depende de lo que ellas produjeron en el año y en años anteriores. Estas especies se han adaptado muy bien a estas condiciones y al germinar simultáneamente con las especies sembradas provocan una gran competencia con estas que terminan desapareciendo (Figuras N° 3 y N° 4).



**Figura N° 3**  
**PRADERA RECIÉN ESTABLECIDA**



**Figura N° 4**  
**PRADERA PERDIDA POR UNA GRAN COMPETENCIA DE MALEZAS**

Para favorecer a las especies sembradas se debe disminuir al mínimo la competencia con las especies naturales y una forma de hacerlo es establecer previamente un cereal para obtención de grano, cultivo en el cual se realiza un efectivo control de malezas, esto disminuirá el banco de semilla del suelo y no permitirá la producción de semilla ese año.

La segunda ventaja de la rotación de cultivos se relaciona con la preparación de suelos. El inicio de la preparación del suelo depende de la humedad que este tenga, si el suelo está con pradera natural por muchos años tiene un grado importante de compactación, esto impide la penetración del agua lluvia en el perfil y no permite iniciar las labores de labranza con el primer evento importantes de lluvia. Hay que esperar hasta un próximo evento pluviométrico y se atrasa la época de siembra, que en el caso de praderas permanentes debe ser en el mes de mayo. Sin embargo si ha habido un cultivo previo el suelo esta menos compactado y facilita la preparación temprana sin atrasar la época de siembra.

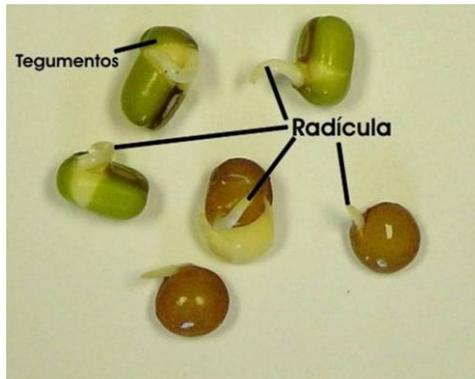
## **ESTABLECIMIENTO**

El establecimiento de las praderas considera los procesos de germinación, emergencia y establecimiento propiamente tal.

La germinación es la aparición de la radícula en las leguminosas (Figura N° 5) y de radícula y coleóptilo en las gramíneas (Figura N° 6), para que esta ocurra debe haber una adecuada humedad en el suelo para que la semilla absorba algo de agua, no en exceso como para provocarle daño, y la semilla debe estar cubierta con suelo para protegerla de la desecación y de las aves.

La emergencia corresponde a la aparición de las plantas por sobre la superficie y dependerá del tamaño de las semillas, de la profundidad de siembra y de que no existan impedimentos físicos como terrones o piedras.

El establecimiento en sí corresponde a la población de plantas que persisten después de uno o dos meses después de la siembra. Para un buen establecimiento, hay que realizar una adecuada preparación del suelo y sembrar en dosis adecuadas y época oportuna.



**Figura N° 5**  
**APARICIÓN DE LA RADÍCULA EN LAS LEGUMINOSAS**



**Figura N° 6**  
**APARICIÓN DE LA RADÍCULA Y COLEÓPTILO EN GRAMÍNEAS**

### **Preparación de Suelo**

El reducido tamaño de las semillas de la mayoría de las plantas forrajeras exige una muy cuidadosa preparación de la cama de siembra, debiendo quedar esta lo más fina posible para evitar que algún impedimento físico limite la emergencia. En la medida que esta quede mal preparada, con partículas gruesas, "terronudo", muchas semillas quedarán en los espacios entre los terrones lo que demorará la germinación o simplemente no germinarán.

En la medida que la germinación se retarda, se producirá una gran invasión de malezas que por su rusticidad poseen una gran capacidad de competencia.

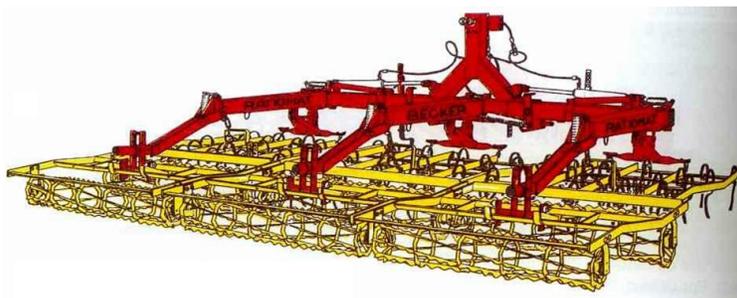
La preparación de un suelo, cualquiera sea el sistema de labranza que se utilice, debe considerar dos objetivos fundamentales.

El primero es lograr un perfil descompactado en la zona donde se desarrollará el mayor porcentaje del sistema radicular, en este caso los primeros 35 a 40 cm, y el segundo obtener una adecuada cama de semilla, para esto se debe lograr el mullimiento de la parte superior del suelo donde ocurrirán los procesos de germinación y emergencia, y que en el caso de praderas son los primeros 2 cm, que deben quedar muy molidos y sueltos, donde se depositará la semilla.

En esto es fundamental hacer un manejo integral del suelo, que incluya la incorporación o mantención en superficie de parte del rastrojo, labores de descompactación (Figura N° 7) y uso de distintos implementos como vibrocultivadores (Figura N° 8) para mullir los terrones y emparejar el suelo, esto último es muy importante para eliminar pequeños altos y bajos en el microrelieve que dificultan la siembra y acarrearán pérdidas por acumulación de agua.



**Figura N° 7**  
**SOBSOLADO PREVIO A LA SIEMBRA**



**Figura N° 8**  
**VIBROCUTIVADOR CON DOBLE RODILLO JAULA**

La utilización de sistemas convencionales de preparación de suelo, que lo invierten, tiene un impacto negativo y aumentando su compactación.

Es más conveniente propender al uso de la labranza mínima, que utiliza arados cinceleles y subsoladores que actúan sobre el suelo sin invertirlo, solo removiéndolo verticalmente y produciendo un resquebrajamiento de su perfil, minimizando la compactación que es un factor que limita severamente el crecimiento de las raíces y la infiltración de agua lluvia.

## **Siembra**

El objetivo de la siembra, cualquiera sea el sistema de que se utilice es maximizar el porcentaje de emergencia de plantas para conseguir una óptima población.

El ideal es sembrar a máquina, pues se deposita la semilla y el fertilizante en líneas a un costado y/o debajo de la semilla, esto es muy importante sobre todo al utilizar fertilizantes fosfatados puesto que este elemento es poco móvil en el suelo.

Las líneas no deben ser muy separadas para favorecer una rápida colonización de todo el suelo, sin dejar espacio para el desarrollo de malezas, por lo tanto se recomienda sembrar a una distancia de entre 9 y 15 cm entre líneas y a una profundidad máxima de 0,5 a 1 cm en suelos franco-arcillosos y no mayor de 2 cm en suelos de textura más liviana.

Para suelos con pendiente, donde el riesgo de erosión es alto, existen máquinas sembradoras especiales que siembran sin preparar todo el suelo, llamadas de cero labranza (Figura N° 9).

También se puede sembrar al voleo en forma manual o con máquina sembradora de pecho (Figura N° 10) y tapar con rastra de ramas (Foto 10) en este caso se debe subir un 20 % la dosis de semilla por las pérdidas que puedan ocurrir.



**Figura N° 9**  
**SIEMBRA DE PRADERAS CON MÁQUINA CERO LABRANZA**



**Figura N° 10**  
**SIEMBRA CON MÁQUINA DE PECHO**



**Figura N° 11**  
**TAPADO CON RÁSTRA DE RAMAS**

### **Calidad y Dosis de Semilla**

La semilla debe contar con una serie de atributos para ser considerada de calidad, como son la germinación, el vigor y la pureza varietal. Además debe estar libre de patógenos, insectos y de semillas de malezas, por lo que es conveniente adquirir semilla certificada por organismo correspondiente (SAG<sup>5</sup>).

La germinación se refiere al porcentaje de plántulas normales que se logra establecer bajo condiciones adecuadas de luz, humedad y temperatura.

El vigor corresponde a la capacidad de las semillas de originar plántulas normales. Esto lo da normalmente el tamaño de la semilla.

---

<sup>5</sup>Servicio Agrícola y Ganadero del Ministerio de Agricultura

La pureza varietal se refiere a que la semilla debe realmente corresponder a la variedad que se desea.

Respecto de la dosis de semilla, esta es adecuada cuando permite una óptima población y una rápida cobertura del suelo con las nuevas plantas. En la determinación de la dosis se debe considerar el método de siembra, el porcentaje de germinación de la semilla y su tamaño, puesto que varía de una especie a otra. En el caso de praderas permanentes lo más aconsejable es sembrar mezclas de especies. La dosis es de 20 a 25 kg/ha de la mezcla de leguminosas y adicionar una gramínea a elección, ballica italiana (5-10 kg/ha), pasto ovido (8 - 6 kg/ha), festuca (10 – 15 kg/ha) y falaris (5 a 7 kg/ha).

En suelos de buena fertilidad como precordillera y secano costero e interior de la parte sur de la región del Bío Bío, si se incluye falaris la dosis de la leguminosa debe disminuir a solo 12 kg/ha debido a la fuerte competencia que ejerce sobre este que tiene un bajo vigor de plántula al establecimiento.

### **Época de Siembra**

Para praderas permanentes la siembra debe realizarse durante el mes de abril en precodillera y en mayo en secano interior y costero, luego de las primeras lluvias o lo más cercano a estas, con el fin de aprovechar las condiciones de humedad del suelo y de temperatura que permitan la germinación y un buen establecimiento. La época de siembra es crítica, una siembra temprana o una siembra tardía conllevan importantes riesgos.

Riesgos de una siembra temprana:

- Germinación seguida de un periodo de sequía que acarrearía mortalidad de plántulas emergidas.
- Mayor competencia de malezas cuando el control no ha sido efectivo mediante la preparación del suelo.
- Pérdida de efectividad del inoculante en leguminosas, con sequías mayores a 20 días.

Riesgos de una siembra tardía:

- Lenta germinación y escaso desarrollo de las plántulas por bajas temperaturas.
- Baja actividad simbiótica de las leguminosas.
- Un exceso de humedad puede retardar el establecimiento de la pradera.

### **Fertilización de Establecimiento**

La fertilización es un aspecto muy importante para el éxito en el establecimiento de praderas sobre todo en zonas en que los suelos han sido muy afectada por la erosión y por lo tanto su fertilidad natural es bastante baja.

Los requerimientos de fertilización variarán de acuerdo al tipo de suelo, la rotación y la especie forrajera que se desea establecer. Los elementos más importantes a considerar en cualquier siembra de praderas son nitrógeno, fósforo y potasio, además de calcio, azufre y boro.

El nitrógeno es el elemento más importante para el crecimiento de las plantas y en la mayoría de los suelos este elemento está en niveles medios o bajos. Sin embargo, su aplicación en altas dosis solo es recomendable cuando se siembran gramíneas puras o de corta duración que

requieren rápido crecimiento.

En el caso de mezclas de praderas permanentes, donde se mezclan gramíneas y leguminosas, la aplicación de altas dosis al establecimiento es dañina para el proceso simbiótico y solo se recomienda aplicar dosis bajas (25 a 30 kg/ha), ya que entre la germinación y el comienzo de la fijación simbiótica en plantas que han nodulado normalmente pueden haber deficiencias.

En el caso del fósforo, los suelos de la zona central del país tienen muy bajos niveles de este elemento, lo cual es una grave limitante dado que este es necesario para el desarrollo y producción de las plantas. Cuando se trata de leguminosas, es imprescindible la fertilización fosfatada, así lo demuestran numerosos estudios que determinaron que no es posible el establecimiento de leguminosas anuales sin este elemento nutritivo, y que su carencia es muy notoria. Lo ideal es que en el suelo haya mínimo 10 a 12 ppm, lo que se logra efectuando aplicaciones a la siembra y dosis de mantención anualmente,

El potasio es otro elemento importante para el establecimiento de praderas, sin embargo su deficiencia no es tan generalizada como la del fósforo, por lo que su aplicación estará sujeta a los resultados del análisis de suelo.

El azufre es un elemento al que responden positivamente en el establecimiento las leguminosas anuales, ya que los suelos presentan serias limitantes, por lo que una dosis de 100 a 200 kg de azufre elemental por hectárea es necesaria para tener éxito.

El calcio en general se aplica como carbonato de calcio y ayuda al buen establecimiento sobre todo en suelos con pH bajo (inferior a 6). Se requiere aplicar en dosis de 2.000 kg/ha.

Entre los microelementos que presentan deficiencias es necesario mencionar el boro, que es importante en el establecimiento y producción.

Es importante un análisis de suelo previo al establecimiento de la pradera para determinar las dosis de fertilizantes a usar. Se puede realizar una fertilización de corrección, especialmente para el fósforo, optando a los incentivos que otorga el Estado a través del Sistema de Incentivo para la Recuperación de suelos Degradados (SIRSD).

Al realizar la corrección de los nutrientes deficientes en el suelo se asegura un buen establecimiento y una mayor permanencia de la pradera en el tiempo. Si no se dispone de un análisis de suelo se puede utilizar la recomendación general indicada en el Cuadro N° 1.

**Cuadro N° 1  
RECOMENDACIÓN GENERAL DE FERTILIZACIÓN PARA EL ESTABLECIMIENTO Y MANTENCIÓN ANUAL  
PRADERAS PERMANENTES EN LA ZONA DEL SECANO MEDITERRÁNEO**

Fertilizante	Establecimiento			Mantención Anual Para las Tres Áreas
	Secano Costero	Secano Interior	Precordillera Andina	
	( kg/ha )			
Carbonato de calcio	1000-1500	1000-1500	2000	Repetir dosis de establecimiento cada 4 años
Superfosfato Triple	150-180	150-180	280-300	120-160
Muriato de potasio	100-140	100-140	100-120	80-100
Boronatrocálcica	20	20	20	10

## BIBLIOGRAFÍA

**Avendaño, J.; Ovalle, C.; Del Pozo, A. y Fernández, F., 2005.** Adaptación, Crecimiento y Producción de Nuevas Leguminosas Forrajeras en La Zona Mediterránea de Chile: III. Comportamiento de las Especies en Vertisoles. *Agro-Ciencia (Chile)* 21: 5-18.

**Avendaño, J.; Ovalle, C.; Del Pozo, A.; Fernández, F. y Porqueddu, C., 2005.** Mezclas de Trébol Subterráneo con otras Leguminosas Anuales Para Suelos Graníticos del Secano Mediterráneo Subhúmedo de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 65: 165-176

**Del Pozo, A.; Ovalle, C. y Fernandez, F., 2006.** Productividad y Persistencia de Leguminosas Forrajeras Anuales en la Región Mediterránea Sub-Húmeda de Chile. En: Acuña H. Y G.Klee (Eds): XXXI Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA) 19-21 Octubre, Temuco. Libro De Resúmen, 49-50.

**Dietl, W.; Fernández, F. y Venegas, C. (Eds.), 2009.** Manejo Sostenible de Praderas. Su Flora y Vegetación..Santiago. ODEPA. 188p

**Fernandez, F.; Ovalle, C.; Avendaño, J. y Cussen, R., 2002.** Caracterización Fenológica y Agronómica de Cultivares de Tréboles Anuales para la Zona Mediterránea. En: Doussoulin, G. y Wells, G. (Eds. ). XXVII Reunión Anual Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA A.) G. P 5 - 6.

**Fernandez, F.; Ovalle, C.; Avendaño, J. y Cussen, R., 2002.** Estudio de la Adaptación, Crecimiento y Producción de Tréboles Anuales Para la Zona Mediterránea. En: Doussoulin, G. y Wells, G. (Eds. ). XXVII Reunión Anual Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA A. G.) P 65 - 66.

**Fernández, F. y Ruiz, C. (Eds), 2003.** Producción Moderna de Cultivos y Praderas en el Secano Interior. Chillán, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 98. 126p.

**Fernández, F.; Ovalle, C. y Avendaño, J., 2003.** Praderas y Recursos Forrajeros. En: Fernández, F. y Ruiz, C. (Eds). Producción Moderna de Cultivos y Praderas en el Secano Interior. Chillán, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 98. P: 73 – 88

**Fernández, F.; Ovalle, C. y Avendaño, J., 2004.** Comportamiento de Nuevas Variedades de Tréboles Anuales en la Zona Mediterránea. P 37-38. En : Hazzard, S. y Romero, O. (Eds. ). XXIX Reunión Anual Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA A. G).

**Fernández, F. y Ovalle, C., 2004.** Establecimiento de Praderas. Serie Cartillas Divulgativas Proyecto Cadepa. Chillán, Chile. Cartilla N° 6. 16p.

**Fernandez, F.; Ovalle, C. y Squella, N., 2005.** Caracterización Fenológica y Agronómica de Cultivares de Falaris (*Phalaris aquatica*) para la Zona Mediterránea. XXX Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA) 19-21 Octubre, Temuco. Libro De Resúmen, 159-160.

**Fernandez, F. y Ovalle, C., 2006.** Establecimiento de Praderas Bajo Dos Condiciones Topográficas En El Secano Interior: I: Descripción De Especies. Informativo INIA – Raihuen N° 21.

**Fernandez, F. y Ovalle, C., 2006.** Establecimiento de Praderas Bajo Dos Condiciones Topográficas En El Secano Interior: II: Elección de Suelo y Siembra. Informativo INIA – Raihuen N° 22.

**Fernandez, F.; Ovalle, C. y Aravena. T., 2006.** Producción Invernal de *Avena strigosa* y Mezclas De *Avena sativa* con Leguminosas, En el Secano Interior de la Zona Mediterránea Sub-Húmeda. En: Acuña, H. y Klee, G. (Eds): XXXI Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal (Sochipa) 19-21 Octubre, Temuco. Libro de Resúmen, 51-52.

**Fernandez, F.; Ovalle, C.; Aravena, T. y Cares, J., 2007.** Producción de Forraje para Pastoreo Invernal en el Secano Interior de la Zona Mediterránea Sub-Húmeda. En: Teuber, N. y Alfaro, M. (Eds): XXXII Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal (Sochipa.) 14 Al 16 Noviembre, Frutillar. Libro De Resúmen, 47-48.

Fernandez E., F.; Ovalle M., C. T. Aravena Y J. Cares. 2007. Producción De Forraje Para Pastoreo Invernal En El Secano Interior De La Zona Mediterránea Sub-Húmeda. En: Teuber N. Y M.Alfaro (Eds): Xxxii Reunión Anual De La Sociedad Chile De Producción Animal (SOCHIPA) 14 Al 16 Noviembre, Frutillar. Libro De Resúmen, 47-48.

**Fernandez, F.; Ovalle, C.; Aravena, T. y Ceballos, J., 2008.** Efecto del Sistema de Siembra sobre el

Establecimiento de Falaris (*Phalaris aquatica* L.) en el Secano Interior de la Zona Mediterránea Sub-Húmeda. XXXIII Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA) 29-31 de Octubre, Valdivia. Libro de Resumen, 29-30

**Fernandez, F.; Ovalle, C.; Aravena, T. y Vega, M., 2009.** Efecto del Nitrógeno y Distintas Dosis de Trébol Subterráneo en La Persistencia y Productividad de una Pradera de Falaris Asociada a Trébol Subterráneo. En: Alfaro, M. y Luders, C. (Eds): XXXIV Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA) 21 al 23 Octubre, Pucón. Libro De Resumen, 16 - 17.

**Fernandez, F. y Ovalle, C., 2010.** Praderas para Suelos Marginales del Valle Central Regado. Aspecto Clave para Lograr Éxito en Explotaciones Ganaderas. Informativo INIA Raihuén N° 50

**Ovalle, C; Del Pozo, A.; Bustos, P.; Fernández, F. y Avendaño, J., 2003.** Trébol Balansa. Pradera para Suelos Arcillosos Inundables. . Tierra Adentro N° 50: 49 – 51.

**Ovalle, C., Fernández, F. y Arredondo, S., 2004.** Campeda y Denmark. Nuevos Cultivares de Trébol Subterráneo para la Zona Centro Sur De Chile. Informativo Agropecuario Bioleche - INIA Quilamapu. Año 17 N°2. P:13-16.

**Ovalle, C., Fernández, F. y Arredondo, S., 2004.** Trébol Subterráneo Campeda: Nuevo Cultivar de Alta Producción para Zonas de Secano Mediterráneo. Informativo INIA – Quilamapu N° 79.

**Ovalle, C., Fernández, F. y Arredondo, S., 2004.** Trébol Subterráneo Seaton Park: Cultivar Semi-Precoz de Alta Producción de Forraje y Semilla para Zonas de Secano Mediterráneo. Informativo INIA – Quilamapu N° 80

**Ovalle, C.; Arredondo, S.; Del Pozo, A.; Avendaño, J. y Fernández, F., 2004.** Atributos y Antecedentes del Comportamiento de *Biserrula pelecinus* L. Nueva Leguminosa Forrajera Anual para Chile Mediterráneo. Agricultura Técnica (Chile) 64:74-81.

**Ovalle, C.; Avendaño, J.; Del Pozo, A.; Fernández, F. y Porqueddu, C., 2004.** Mezclas de Trébol Subterráneo con otras Leguminosas Anuales para Suelos Graníticos del Secano Mediterráneo Subhúmedo de Chile. P. 59-60. En: Hazzard, S. y Romero, O. (Eds. ). XXIX Reunión Anual Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA)

**Ovalle, C., Del Pozo, A., Avendaño, J., Fernández, F. y Arredondo, S., 2005.** Adaptación, Crecimiento y Producción de Nuevas Leguminosas Forrajeras en la Zona Mediterránea de Chile: II. Comportamiento de las Especies en el Secano Interior Subhúmedo en Suelos Graníticos. Agricultura Técnica (Chile) 65: 265-277.

**Ovalle M.; Del Pozo, A.; Fernandez, F. y Aravena, T., 2008.** El Trébol Subterráneo en Chile: Descripción de Variedades y Recomendación por Áreas Agroecológicas. Informativo INIA Quilamapu N° 107

**Troncoso, D.; Troncoso, L.; Allende, R.; Ovalle, C.; Fernandez, F. y Briones, E., 2006.** Establecimiento de Leguminosas Anuales en el Secano Costero de la Región del Maule. En: Acuña, H. y Klee, G. (Eds): XXXI Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA) 19-21 Octubre, Temuco. Libro de Resumen, 57- 58.



## RESUMEN

El documento describe la importancia de considerar elementos genéticos, como la identidad genética, diversidad genética y las regiones de procedencias, en los procesos de restauración ecológica de bosques degradados. Sintetiza información bibliográfica en esta materia, presenta un modelo simple de restauración y describe indicadores de éxito para este proceso.

Como conclusión específica que la incorporación de consideraciones genéticas en la restauración de bosques aumentará la probabilidad de éxito del sistema restaurado, mientras que ignorar estos elementos incidirá en que las unidades restauradas no sean sustentables debido a una limitada capacidad para adaptarse a los cambios ambientales.

Palabras clave: Restauración ecológica, diversidad genética, adaptación.

## SUMMARY

This paper describes the importance of genetic considerations, such as genetic identity, genetic diversity and provenance regions, on degraded forests ecological restoration. Bibliographic information on the matter is synthesized, a restoration simple model is presented and process success indicators are described.

Conclusion is that genetic considerations incorporation in forest restoration will increase restored system success probability. While ignore these considerations will turn unsustainable the restored units because of a low capacity to adapt facing environmental changes.

Keywords: Ecological restoration, genetic diversity, adaptation.

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Plan Estratégico 2011-2020 del Convenio para la Diversidad Biológica (CDB), la degradación no solo hay que detenerla sino que también revertirla, por lo mismo fija 20 ambiciosas, pero alcanzables metas (las Metas de Aichi<sup>6</sup>), para orientar medidas efectivas y urgentes que detengan la pérdida de diversidad biológica. Entre estas metas, la N° 15 establece que para el 2020 por lo menos el 15% de las tierras degradada deben ser restauradas.

Sin embargo, la restauración de bosques y terrenos degradados presenta una complejidad tal, que la ha llevado a constituir el mayor desafío ambiental del siglo XXI (Bozzano *et al.*, 2014). En efecto, la restauración ecológica de bosques, entendida como el proceso de ayudar el restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido (SER, 2004), es un proceso complejo, de largo plazo y que abarca mucho más que solo plantar árboles. Al respecto, Thomas *et al.* (2014) señalan que se han iniciado diversas iniciativas de restauración a gran escala,

---

<sup>6</sup> Las metas de Aichi son 20 objetivos globales que se incluyen en el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020. Fueron acordadas en la reunión de las partes del Convenio para la Biodiversidad de 2010.

en diferentes partes del mundo, pero lamentablemente muchas de ellas han fracasado totalmente y otras han tenido un éxito muy limitado (Wuethrich, 2007).

La importante cantidad de fracasos que han experimentado diversos procesos de recuperación o restauración de bosques nativos con enfoques ecológicos tradicionales, hace necesario tener en cuenta algunas consideraciones adicionales que aporten a una mejor aproximación a los desafíos de restauración. Al respecto, Bozzano *et al.* (2014) plantean que consideraciones de carácter genético y la internalización en el proceso de restauración de las implicancias derivadas de la tradicional ecuación, fenotipo = genotipo + ambiente + interacción, pueden contribuir de forma significativa a mejorar los resultados de restauración.

Una acabada síntesis respecto de la influencia genética en las prácticas de recuperación y restauración de ecosistemas usando especies nativas se encuentra en el reciente estudio temático desarrollado por FAO *Genetic Considerations in Ecosystem Restoration Using Native Tree Species* (Bozzano *et al.*, 2014). Una extensa revisión sobre esta materia ha sido aportada también por Thomas, *et al.* (2014), en el marco de la Red Latinoamericana de Recursos Genéticos Forestales (LAFORGEN).

El considerar el componente genético permite alcanzar procedimientos técnicos eficientes para reinstaurar vegetación en situaciones de bosques degradados o alterados en su estructura, constituyendo un elemento básico y relevante para contribuir a la restauración de los mismos, así como para la recuperación de funciones productivas madereras o de determinadas funciones ambientales y para asegurar que una vez restaurados, los bosques sean capaces de perpetuarse a través de la regeneración natural.

En los proyectos de restauración de ecosistemas forestales, de recuperación de bosques degradados, y en general en las iniciativas de forestación o reforestación con especies nativas, es necesario considerar la constitución genética de los organismos que son introducidos en un área o territorio. Esta consideración obedece a dos motivos fundamentales: En primer lugar, es necesario que los árboles que se establezcan presenten variabilidad genética para hacer frente a las condiciones del cambio climático. En segundo lugar, los organismos que habitan en una localidad o región presentan una constitución genética que les ha permitido sobrevivir por largos periodos a las condiciones de clima, suelo y convivencia con herbívoros o depredadores locales. Por lo tanto, para aumentar la probabilidad de éxito es necesario repoblar un área con organismos procedentes de la misma localidad cuando esto sea posible (Jones, 2003). Esto puede requerir esfuerzos para propagar individuos de poblaciones remanentes, en lugar de introducir individuos de procedencias distantes (Lara *et al.*, 2014).

Pocas veces se evalúa rigurosamente el éxito del establecimiento de árboles forestales en términos de introducir poblaciones que sean genéticamente diversas y apropiadas al sitio de plantación. Los escasos estudios que analizan la idoneidad del germoplasma no encuentran una adecuada coincidencia entre el material utilizado y las condiciones del sitio (Krishnan *et al.*, 2013), observándose frecuentemente problemas de “cuello de botella” genético, derivados del empobrecimiento de las poblaciones usadas como fuentes de semillas (Broadhurst, 2011), o de la incapacidad de capturar la diversidad genética cuando las fuentes son diversas y de gran tamaño (Krishnan *et al.*, 2013). En el contexto de las implicancias genéticas en la restauración, y con el ánimo de aportar a iniciativas de nivel mundial como los compromisos derivados de la Meta N° 15 de Aichi y la iniciativa 20 X 20<sup>7</sup>, el presente artículo busca través de un análisis de la información bibliográfica y de la experiencia del Grupo de Conservación y Mejoramiento Forestal del Instituto Forestal de Chile, traspasar principios básicos de genética forestal al arte de la restauración ecológica, para así constituir una base de Buenas Prácticas que contribuyan a asegurar el éxito en la restauración y recuperación de bosques nativos degradados. Consecuentemente, en el presente

---

<sup>7</sup> Iniciativa presentada durante la cumbre del cambio climático en Lima, por 8 países incluido Chile, que se propone restaurar 20 millones de hectáreas de tierras y bosques degradados en América latina y el Caribe para el año 2020.

artículo se adopta el concepto de “Acervos Genéticos para Restauración” desarrollado por Jones (2003), quien fue uno de los primeros investigadores en establecer consideraciones genéticas en los planes de restauración, las que reflejó en un diagrama de flujo para la toma de decisiones (Jones y Monaco, 2007).

Este diagrama se basa en principios de genética poblacional (MMA, 2007), que orientan la selección de asociaciones de especies más adecuadas. Al establecer estas especies se someten a una presión selección para aumentar la resiliencias de las poblaciones y así minimizar el impacto del cambio climático.

Sobre la base del diagrama de flujo de Jones y Monaco (2007), se establece un simple modelo de restauración con base genética o modelo de buenas prácticas, donde se considera las regiones de procedencia, la selección de madres, el proceso de viverización y plantación. Finalmente, se analizan algunos indicadores de éxito del proceso de restauración.

## RESTAURACION DEL ACERVO GENETICO

El concepto de acervo genético de restauración (AGR) fue establecido por Jones (2003), en el se asigna el germoplasma que se usará para restaurar a una de cuatro categorías de acervo genético (primario, secundario, terciario y cuaternario), que dependen principalmente de la similitud o identidad genética<sup>8</sup> respecto de la población objetivo a restaurar.

El acervo genético primario (1°) tiene una relación directa con las especies del lugar a restaurar y es genéticamente idéntico al material que originalmente existía en dicho lugar, en este contexto la identidad genética es igual a uno. En el acervo genético secundario (2°), la identidad genética es menor que uno y así en los acervos genéticos siguientes (3° y 4°) va declinando la correspondencia genética. Una definición detallada de cada uno de los acervos (1°, 2°, 3° y 4°) se incluye en el Anexo N°1.

En esta aproximación, cuando el ecosistema del sitio a restaurar ha sido irreversible o significativamente alterado en su estructura o funcionalidad, la selección y adaptación del material vegetal se desacopla de la identidad genética. Es decir, no siempre las especies con la mayor identidad genética serán exitosas en dicho sitio, por lo tanto muchas veces tendrán que ser sustituidas por acervo genéticos de orden superior. Lo importante de esto es que la decisión es individual para cada especie de la lista de especies que serán parte de la comunidad a restaurar.

El concepto AGR de Jones (2003) permite establecer Poblaciones de Referencias que poseen una composición florística determinada (abundancia y dominancia) y su desarrollo en áreas ecológicamente homogéneas, las denominadas Estaciones Forestales, y son obtenidas mediante la tipificación del bosque nativo basada en elementos Fito Ecológicos (Navarro, *et al.*, 2014) y/o listas de especies basadas en alianzas funcionales entre ellas (Brown, 2004). En este sentido, se debe reconocer que los cuatro tipos de acervo tienen objetivos distintos y por lo tanto tienen méritos particulares, y pueden implicar diferentes estructuras de costo y probabilidades de éxito.

El concepto de AGR también permite establecer el marco conceptual para plantar clones o algunas familias de especies nativas, especies introducidas no invasivas y nodrizas, cuando no es factible utilizar material nativo de acervos primarios y/o secundarios, pero este tema escapa al objetivo del presente artículo.

---

<sup>8</sup> Identidad genética entre dos poblaciones, se mide en una escala de 0 a 1 (Nei, 1972). Si la identidad genética de la población X e Y es 1, luego ellos tienen alelos y frecuencias idénticas. Si la identidad genética es 0, ellos no tienen alelos comunes en algún locus, esto implica que la población X tiene uno o más alelos distintos en cada locus, todos son diferentes de los alelos en la población Y, en cada locus.

No obstante, cuando existe el convencimiento que la identidad genética es la principal consideración que se desea mantener en el plan de restauración, fundamentalmente por la mayor adecuación biológica de dicho germoplasma, es el acervo genético primario y/o secundario el que debe ser considerado como esencial para el éxito del proyecto.

Jones y Monaco (2007) establecieron un diagrama de flujo (Figura N° 1) para la toma de decisiones sobre como se prioriza los cuatro acervos genéticos. Para los objetivos de restauración con especies nativas con alta identidad genética se ha considerado básicamente los dos primeros acervos, el primario y el secundario, cada uno con varias opciones.

La herramienta se usa en forma de etapas sucesivas, el diagrama bosqueja una aproximación objetiva para responder a la pregunta subjetiva ¿Cual es el material que deberá utilizarse en una restauración ecológica?, y por lo tanto que tipo de acervo genético será utilizado.

El diagrama esta compuesto por cajas, que son puntos de decisión, donde existen varias sentencias que pueden ser verdaderas (V) o falsas (F), lo que va conduciendo a uno de los acervos genéticos o a sus opciones especiales.

En la caja 1 de la Figura N°1, hay cuatro sentencias, las dos primeras son para juzgar si los objetivos del proyecto son consistente con las metas de la restauración con germoplasma nativo. Las dos últimas son para verificar si las condiciones del sitio son lo bastante buena como para tener éxito en el establecimiento.

Si las cuatro sentencias son verdaderas, la caja 3 conduce a que el bosque se puede recuperar solo mediante manejo forestal y algunas intervenciones menores, tales como la escarificación del suelo para promover una buena cama de semillas.

Ahora, si no es posible la recuperación natural del bosque, la semilla debe ser obtenida por el proyecto de restauración. Esto lleva a la caja 4, donde la disponibilidad de semilla en el área a restaurar o su vecindad conduce a utilizar el AGR primario, opción A.

Si la cantidad de familias es insuficiente, los mapas de procedencias serán el apoyo insustituible (caja 5) para elegir metapoblaciones<sup>9</sup>, situaciones con una alta identidad genética pero de lugares mas alejados del área a restaurar (AGR primario, opción B).

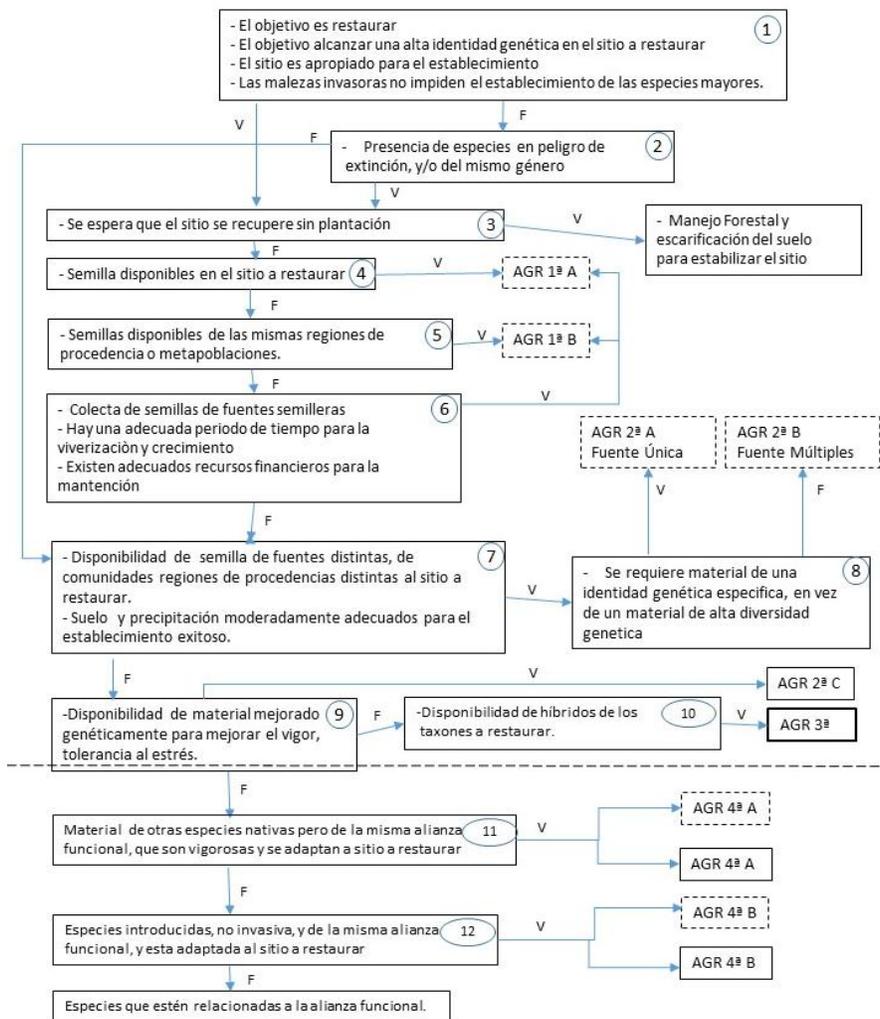
Esta es una de las situaciones más comunes para abordar el proceso de restauración con base genética. En forma alternativa, este punto se puede tercerizar o subcontratar (caja 6).

Si en la caja 1, alguna sentencia es falsa se puede ir directamente a la caja 7, saltándose la restauración del acervo genético primario.

Sin embargo, existe una excepción cuando se trata de especies en peligro de extinción (caja 2) donde debe darse especial atención a la restauración de acervo primario, a pesar que algunas de las sentencias de la caja 1 puedan ser falsas.

---

<sup>9</sup> Las metapoblaciones se definen como un grupo de poblaciones conectado por inmigrantes o emigrantes (Levins, 1966). Corresponden a subpoblaciones dentro de una procedencia, donde la conexión genética entre subpoblaciones se realiza a través del flujo genético (movimiento de polen y dispersión de semilla).



(Fuente: Modificado de Jones y Monaco, 2007)

Si la sentencia en una caja es verdadera, se elige V, y si es falsa se elige F. El AGR 1° o acervo genético primario puede tener una opción AGR 1ª A o una opción AGR 1ª B, de igual forma el acervo genético secundario (AGR 2°), con una opción AGR 2ª A, AGR 2ª B y AGR 2ª C. Los AGR 1ª, AGR 2ª, AGR 3ª y AGR 4ª, se explican en el texto y en detalle en el Anexo N° 1.

**Figura N° 1**  
**DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA TOMA DE DECISIONES**  
**SOBRE COMO USAR EL CONCEPTO DE ACERVO GENETICO DE RESTAURACIÓN (AGR)**

Es importante considerar que el nivel de degradación del suelo y el estrés hídrico juegan un papel importante en el éxito del establecimiento, por lo tanto una respuesta falsa de la caja 7, conduce a una opción de germoplasma genético terciario.

Ahora, si la respuesta de la caja 7 es verdadera la restauración tiene que realizarse con un acervo genético secundario, aquí se puede optar en la caja 8, por privilegiar la identidad genética (AGR 2°A) o la diversidad genética (AGR 2°B), esta última implica fuentes semilleras múltiples.

En la caja 9, si existe material genético para mejorar el vigor o la tolerancia al estrés, la selección artificial (AGR 2°C) es necesaria para el éxito de la restauración.

El proceso y los escenarios pueden cambiar drásticamente, pero escapan al objetivo del presente artículo que es dar opciones de restauración con recursos nativos, intentando preservar o mantener la identidad genética del recurso nativo.

Además, este modelo permite diseñar mezclas de semillas a la carta, dada las restricciones que impone el cambio climático global.

## **CONCEPTOS DE GENÉTICA POBLACIONAL EN LA RESTAURACION DEL ACERVO GENETICO**

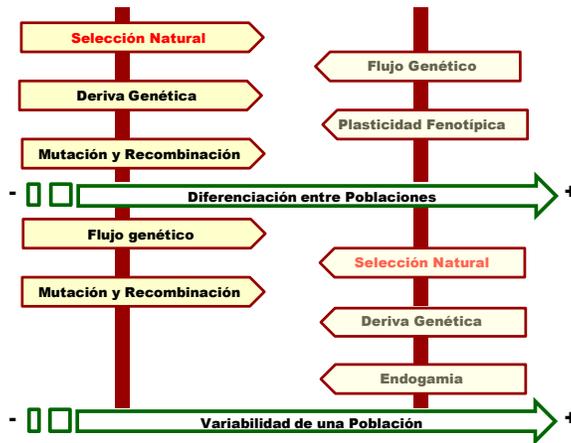
La degradación de los ecosistemas forestales es causa de acciones del hombre, tales como la habilitación de tierras destinadas al cultivo o la ganadería, malas prácticas forestales, incendios, y construcción de caminos, entre otras.

También hay eventos naturales, como la acción volcánica, incendios naturales, inundaciones y otras que constituyen muchas veces el origen de las alteraciones en los sistemas boscosos.

La degradación ha sido intensamente analizada y se ha definido de acuerdo a ITTO (2002), como la reducción de la capacidad de un bosque para producir bienes y servicios. Luego, no solo tiene efecto sobre el bosque, sino también los tiene sobre su capacidad reguladora del ambiente, permitiendo así el incremento de los daños por erosión, la ocurrencia de inundaciones, la reducción de la fertilidad del suelo y la pérdida de biodiversidad (FAO, 2004).

La pérdida de biodiversidad se puede manifestar a través de la pérdida de especies y de la variación dentro de estas, las especies remanentes sufren una disminución de la variación genética, lo que finalmente se asocia a la pérdida de la adecuación biológica y de su capacidad de adaptarse a los cambios climáticos.

En la Figura N° 2 se indican las fuerzas que favorecen y limitan la evolución que deben ser consideradas en todo proceso de restauración con base genética.



(Fuente: MMA, 2007).

**Figura N° 2**  
**FACTORES QUE DETERMINAN LA DIFERENCIACIÓN ENTRE POBLACIONES.**

**Selección Natural:** Es el proceso mediante el cual ciertas características de un individuo hacen que sea más probable su supervivencia y reproducción. La selección natural actúa sobre fenotipos, pero es la base genética hereditaria que le confiere ventajas reproductivas a esos fenotipos, la que se va perpetuando y haciendo más frecuente en la población.

**Deriva Genética:** Es el cambio en la frecuencia alélica de las especies como efecto estocástico del muestreo aleatorio en la reproducción y la pérdida de alelos por azar. Los cambios por deriva genética no son consecuencia de la selección natural y pueden ser beneficiosos, neutrales o negativos para la reproducción y supervivencia. En resumen, la deriva genética se refiere a la fijación o pérdida de alelos debida a la variación aleatoria de las frecuencias alélicas que se produce cuando el número de progenitores o madres en una población es bajo.

**Mutaciones:** Son la principal fuente de variabilidad genética. Puede dar lugar a varios tipos de cambios en el ADN y tener efecto negativo, positivo o neutro. Las mutaciones pueden implicar grandes secciones de ADN que, mediante procesos de recombinación, se eliminen o dupliquen. Otra posibilidad son las mutaciones puntuales que insertan o eliminan nucleótidos sueltos o pequeñas secuencias.

**Flujo Genético:** Es la transferencia de alelos de genes de una población a otra. Usualmente ocurre entre individuos de una misma especie, pero también entre especies distintas, en este último caso da lugar a la formación de híbridos, normalmente estériles en *Nothofagus*. Al proceso de flujo genético entre especies se le denomina transferencia horizontal.

**Plasticidad Fenotípica:** Es la capacidad que muestran algunos genotipos de alterar en forma significativa su expresión en respuesta a determinados factores ambientales, produciendo una serie de fenotipos diferentes. Un genotipo es plástico cuando puede alterar su expresión en respuesta a determinados factores ambientales. Sin embargo, la plasticidad fenotípica es una propiedad específica de caracteres individuales en relación

a influencias ambientales determinadas, ella se manifiesta en rasgos concretos y en respuesta a estímulos ambientales específicos (Bradshaw, 1965).

En la Figura N° 2 se observa que la selección natural, la deriva genética, y la mutación y recombinación favorecen la diferenciación entre poblaciones. En cambio, el flujo genético y la plasticidad fenotípica tienden a hacer más parecida a las poblaciones o no incrementan su diferenciación. Por otro lado, el flujo genético, la mutación y recombinación tienden a aumentar la variabilidad de una población, pero la selección natural, deriva genética y endogamia tienden a operar en sentido contrario, es decir tienden a disminuir la variabilidad de una población.

Al reanalizar la restauración del sitio X mediante el acervo genético primario (AGR 1<sup>a</sup>), es fundamental entender el proceso de colecta de germoplasma, cuantos metros o kilómetros el colector se puede alejar del sitio X, manteniendo la identidad genética de una especie, y como se conforman las mezclas de semilla para aumentar las posibilidades de éxito de la restauración. Este análisis debe ser llevado para cada especie considerada en el plan o proyecto de restauración. La conectividad genética, es dada fundamentalmente por el flujo genético (semilla y/o transferencia de polen). El área de colecta es mayor, cuando hay más conexión. La conexión genética es mayor en especie de polinización anemófila y menor en especies de polinización entomófila. Si no existe conexión genética hay que analizar y visualizar la historia de la desconexión y ver los mapas de procedencia (Vergara *et al.*, 1998) para el caso de *Nothofagus* y para propósitos multifuncionales (Quiroz y Gutierrez, 2014), y en el mejor de los casos disponer de información molecular (Vergara, 2011).

Las desconexiones pueden ser provocadas por fragmentación de las poblaciones, en ese caso el tamaño poblacional es muy importante, ya que las poblaciones pequeñas pueden aumentar la tasa de endogamia, luego se compromete la variabilidad de las poblaciones. Dentro de una población, el grado de estructura genética está fuertemente condicionado por el sistema reproductor de la especie. Así, una dispersión reducida de la semilla a partir de la planta madre puede causar la existencia de grupos familiares y, por tanto, una mayor similitud genética entre individuos más próximos, esto último es común en los *Nothofagus*, pero en condiciones naturales de bosques no alterados o no degradados esta nueva cohorte está asociado a una alta competencia, luego los sobrevivientes presentan una mayor adecuación biológica.

MMA (2007) establece que los factores demográficos, y muy especialmente el tamaño efectivo poblacional (cantidad de individuos no emparentados), condicionan también la distribución de la diversidad genética dentro y entre poblaciones, principalmente mediante dos efectos: el nivel de endogamia y la deriva genética.

En especies arbóreas de zonas templadas, donde los niveles de autofecundación son generalmente bajos, la endogamia poblacional se produce principalmente por el apareamiento entre individuos emparentados. Este efecto puede verse potenciado en especies arbóreas y arbustivas, donde hay traslape de generaciones en edad reproductiva, lo que permite el apareamiento de individuos con sus descendientes.

La endogamia puede manifestarse como una depresión en el crecimiento y supervivencia debida a la acumulación de mutaciones deletéreas, y tiene especial importancia en poblaciones pequeñas y aisladas, donde los niveles de autofecundación son más elevados, incluso en poblaciones alogamas como los *Nothofagus*.

Chile posee una cantidad importante especies endémicas. El alto grado de aislamiento y las limitaciones a la migración en respuesta a cambios climáticos, hace que las poblaciones pequeñas y aisladas conformen un sistema delicado, donde la reducción del tamaño efectivo poblacional puede causar la pérdida del potencial adaptativo de las especies forestales que las habitan, muy particularmente en aquellas especies menores con baja capacidad de dispersión y elevada depresión por endogamia.

## ELEMENTOS GENÉTICOS PARA RECUPERACIÓN Y RESTAURACIÓN DE BOSQUES ALTERADOS

### Selección de Especies y Fuentes de Material de Propagación

En sitios con niveles de degradación bajos a intermedios, donde el suelo está casi intacto y existe una suficiente cantidad de plantas para formar la siguiente generación de bosque, es posible que la mejor opción sea utilizar un acervo genético de restauración primario tipo A (AGR 1<sup>a</sup> A), en este caso la misma regeneración natural de la población objetivo (Chazdon, 2008). Esto previene algunos riesgos asociados con la introducción de germoplasma foráneo, promoviendo la identidad genética y la incorporación de plantas bien adaptadas. Sin embargo, en los sitios donde (i) las fuentes semilleras nativas estén ausente o sean insuficiente o (ii) las fuentes semilleras sufren de erosión genética, la mejor solución, al menos en el corto plazo, será realizar la plantación con material reproductivo originado fuera del sitio degradado (AGR 1<sup>a</sup>B).

La primera generación de árboles juega un papel clave en la subsecuente regeneración natural en un sitio. En el caso que esta primera población fundadora se establezca con un germoplasma proveniente de un número pequeño de árboles o de árboles emparentados, la baja diversidad genética y la endogamia provocarán una disminución de la adecuación biológica en las generaciones futuras (McKay *et al.*, 2005).

La autopolinización puede ser un problema para la subsecuente generación, en particular cuando la plantación se realiza con material vegetativo de unos pocos árboles. Por lo mismo, asegurar un nivel mínimo de diversidad genética en las poblaciones fundadoras es particularmente importante en los proyectos de restauración y recuperación de bosques, teniendo en cuenta que independientemente del sistema de cruzamiento, la depresión por endogamia se expresa con mayor fuerza en ambientes más estresados (Fox y Reed, 2010).

En general, se tiende a abordar la restauración de ecosistemas y la recuperación de bosques nativos usando material de propagación local (Breed *et al.*, 2013), asumiendo, a veces erradamente, que el germoplasma forestal local ha experimentado la selección natural para convertirse en el mejor adaptado a las condiciones locales (Kettenring *et al.*, 2014). Sin embargo, se pasa por alto que la adaptación local puede verse obstaculizada por el flujo de genes, deriva genética, y/o la falta de variación genética, tal como se expresa en la Figura N° 2.

En experimentos de interacción genotipo ambiente, de trasplantes recíprocos y de ensayos de procedencias se ha observado superioridad de genotipos no locales en plantas menores (Bischoff *et al.*, 2010), así como también en algunas especies forestales, entre ellas *Cordia alliodora*. Un excesivo énfasis en germoplasma local puede ocultar el hecho de que la proximidad geográfica para los sitios de plantación no es necesariamente el mejor indicador de la calidad o la idoneidad del material de propagación, ello puede ocultar niveles apreciables de endogamia, producto de largos procesos de degradación del recurso forestal.

Cuando en las áreas a recuperar o restaurar existen bosques residuales altamente fragmentados, los árboles aislados pueden ser consanguíneos y/o parientes, con una importante reducción de su adecuación biológica. Estos árboles no constituyen una apropiada fuente semillera (Vranckx *et al.*, 2012; Breed *et al.*, 2012). Por ejemplo, la alta intensidad de corta de algunos métodos de cosecha forestal puede modificar los patrones de cruzamiento de los árboles residuales, dando como resultado semilla más consanguínea, ya que se origina de la autofecundación o cruzamiento entre individuos estrechamente relacionados (Murawski *et al.*, 1994; Ng *et al.*, 2009), situación que invalida a dicha población como una fuente semillera apropiada. En tales casos, el abastecimiento de germoplasma forestal de sitios más lejanos, pero de condiciones ecológicas similares, puede ser una mejor opción que recurrir a bosques cercanos fragmentados, intensamente explotados o árboles aislados (Breed *et al.*, 2011; Sgro *et al.*, 2011), en este sentido los mapas de procedencias cumplen un papel muy relevante.

Se debe tener en cuenta también que cualquier introducción de germoplasma no local, incluso de especies nativas, tiene sus riesgos. Si el germoplasma forestal no local corresponde a la misma especie, o está estrechamente relacionado con las especies remanentes en el sitio a recuperar, pero de fuentes genéticamente distintas, existe el riesgo de contaminación genética de las poblaciones locales (Millar *et al.*, 2012). Al respecto, el flujo de genes entre las poblaciones nativas y plantas introducidas no locales podría conducir a una depresión por exogamia, la que ocurre cuando los cruces entre las fuentes locales y no locales producen una progenie híbrida que tiene menor adecuación biológica que la progenie local (Lowe *et al.*, 2005).

### **Incidencia del Cambio Climático en la Selección de Germoplasma**

El cambio climático tendrá un fuerte impacto en muchos sitios (Hobbs *et al.*, 2009), sin embargo estas predicciones no parecen tomarse en cuenta (Sgro *et al.*, 2011; Bozzano *et al.*, 2014). Cuando el clima se torna más severo, los individuos plantados o de regeneración natural experimentan una fuerte presión de selección. Las especies forestales tienen generalmente una alta variación genética en los rasgos de adaptación, lo que constituye el potencial de adaptación latente que se expresa solo cuando las condiciones cambian (Thompson *et al.*, 2010; Mata *et al.*, 2012). Al respecto, las pruebas de procedencias y progenies pueden ayudar a identificar el origen de las plantas que se adaptan a un sitio en particular y el rango dentro del cual el germoplasma de una especie se puede mover sin pérdida significativa de adaptación (límites de tolerancia ecológicos). Para este efecto, la supervivencia y el crecimiento son las medidas básicas de adaptación (Mátyás, 1994).

En algunos casos, las condiciones del hábitat serán alteradas por los factores del cambio climático y la interacción de factores como el cambio de uso del suelo, por lo que puede ser necesario mover deliberadamente el germoplasma forestal a lo largo de gradientes ambientales (Aitken *et al.*, 2008; Sgro *et al.*, 2011), lo que se conoce como una migración asistida.

### **Oferta y Disponibilidad de Material de Propagación**

El material de propagación más popular en los proyectos de recuperación de bosques es la planta de vivero, pues mejora significativamente el éxito del establecimiento (Godefroid *et al.*, 2011). Como consecuencia de esto existe la posibilidad de utilizar combinaciones de especies óptimas, de germoplasma que esté adaptado a las condiciones del lugar y que posea diversidad genética.

Sin embargo, los colectores de semilla y viveristas forestales (privados o públicos) normalmente están motivados, como es lógico, por consideraciones económicas y producen solo lo que esperan vender. Por diversos motivos los viveros suelen minimizar el número de especies que cultivan, entre ellos limitaciones en la accesibilidad y disponibilidad de fuentes de semilleras, estrategias para simplificar el manejo del vivero, reducir al mínimo el riesgo de producción no vendida o falta de protocolos adecuados de viverización de plantas (Lillesø *et al.*, 2011).

Para evitar estar sujetos a los vaivenes de la oferta y el mercado, idealmente se debe establecer un vivero *ad-hoc* para producir las plantas demandadas por los proyectos de recuperación de bosques. Los profesionales que planean obtener plantas forestales para los proyectos de restauración en los viveros existentes deben comunicarlo desde el inicio a los viverista, para darles tiempo suficiente para permitir que a través de la colecta de semilla se pueda encontrar la adecuada identidad y diversidad genética y para una adecuada viverización de las especies deseadas. En Chile, quizás se deba promover una mejor gestión de los viveros destinados a la restauración de especies nativas.

La alta diversidad genética del material reproductivo producido en viveros puede ayudar a asegurar la supervivencia de un número suficiente de árboles que son plantados en un ecosistema degradado al permitir la selección natural en el sitio. Al mismo tiempo, es importante eliminar

fenotipos inferiores y producir plantas que ya están adaptadas a las condiciones del lugar de plantación, de modo de aumentar su probabilidad de supervivencia en los sitios específicos (FORRU, 2006).

Si se diseñan en forma adecuada, las iniciativas individuales de restauración, recuperación o simple forestación con especies nativas (AGR 1ª, 2ª, 3ª y 4ª), deberían contribuir a la conservación de especies de árboles nativos y su variación genética, y pueden además proporcionar germoplasma forestal para los futuros esfuerzos en esas mismas materias (Sgro *et al.*, 2011).

Al momento de la planificación se debe tener en cuenta el potencial de los bosques restaurados o recuperados (AGR 1ª) para convertirse en fuentes de semillas para actividades futuras del mismo tipo, especialmente para las especies raras, endémicas o en peligro de extinción, ya que la disponibilidad de germoplasma adecuado para esta última es a menudo muy limitada.

Se deben hacer esfuerzos para evitar el uso repetitivo de colecciones de semillas de rodales plantados con baja diversidad genética (Pakkad *et al.*, 2008), ya que esto puede amplificar los efectos negativos de una estrecha base genética en las poblaciones futuras.

### **Aumento de la Resiliencia Mediante el Fomento de la Selección Natural, la Conectividad Ecológica y Asociaciones de Especies**

Las poblaciones de árboles forestales se enfrentan a tres posibles destinos bajo las cambiantes condiciones ambientales: (i) pueden persistir si los cambios se mantienen dentro del rango de su plasticidad o pueden moverse muy lentamente hacia nichos ecológicos apropiados a través de la migración, (ii) pueden subsistir a través de la adaptación a las nuevas condiciones ambientales, o (iii) pueden ser lisa y llanamente eliminados (Aitken *et al.*, 2008). Estos mismos destinos se aplican a los bosques alterados.

Dada la incertidumbre de las condiciones climáticas futuras y la falta de conocimiento de la naturaleza y distribución de los rasgos adaptativos de las especies forestales, se han sugerido diversas medidas para aumentar la resiliencia al cambio climático en las iniciativas de recuperación y restauración forestal. Tales medidas incluyen el aumento de tamaño de las poblaciones, la mejora de las especies, y la identidad y diversidad genética, lo que garantiza el mantenimiento de la cubierta forestal en el paisaje para la conectividad genética y geográfica entre las poblaciones, y la identificación y la protección de refugios evolutivos (Bhagwat *et al.*, 2012).

El proceso de selección natural necesario para la adaptación depende del tamaño de la población, la cantidad de variación entre los individuos, la presión de selección y el flujo de genes desde poblaciones vecinas (Figura N°2). Las poblaciones grandes reducen la pérdida de diversidad genética a través de la deriva y el efecto amortiguador contra el riesgo de pérdida de población debido a eventos bióticos como plagas o enfermedades forestales o eventos estocásticos de naturaleza abiótica como las sequías, tormentas o incendios. Algo equivalente se puede provocar con altas densidades de plantación y usando fuentes semilleras altamente diversas (mezclas AGR 1ª + AGR 2ª), de modo de anticiparse a tasas relativamente altas de mortalidad que se pueden esperar por el estrés climático crónico o agudo (Miyawaki, 2004).

Los bosques recuperados deben formar parte de un mosaico, conectado al resto del paisaje. Con frecuencias las áreas recuperadas son demasiado pequeñas como para sostener poblaciones viables. Por lo mismo, es importante diseñar los proyectos de recuperación para conectar de manera efectiva a las poblaciones existentes en el paisaje o con otras áreas recuperadas (Cruz Neto *et al.*, 2014).

La conectividad y el flujo de genes son importantes para fomentar el cruzamiento de especies autocompatibles y proveer una disponibilidad suficiente de polen para las especies autoincompatibles (Breed *et al.*, 2012). Para garantizar una efectiva conexión genética se requiere

que se considere este aspecto desde la fase de planificación de los proyectos. Para lograr esto, hay que poner especial atención en promover la supervivencia y la movilidad de los polinizadores y dispersores de semillas (Markl *et al.*, 2012).

## MODELO SIMPLE DE RESTAURACIÓN CON BASE GENÉTICA

Existen diversas consideraciones genéticas a tener en cuenta en la restauración de bosques y quizás la primera de ellas sea mantener la identidad genética (Jones y Monaco, 2007).

En este contexto las campañas de colecta de semillas deben efectivamente capturar una muestra representativa de la diversidad genética de las especies que se establezcan en un proyecto de restauración.

Para este efecto, existen directrices generales que buscan garantizar un nivel mínimo de diversidad genética (Vallee *et al.*, 2004; Rogers y Montalvo, 2004; Kindt *et al.*, 2006; ENSCONET, 2012), pero son en gran parte desconocidas por los responsables de la colecta de semillas, o por quienes suministran el germoplasma (Bozzano *et al.*, 2014; Godefroid *et al.*, 2011), y esto implica que es necesaria una gran actividad de capacitación para llevar a cabo estos proyectos de restauración y en especial a nivel nacional.

Se han desarrollado y aceptado normas relativas a la cantidad mínima de muestras que se debe coleccionar para garantizar la captura de al menos el 95% de la variación genética (medida como alelos), considerando factores como el sistema de cruzamiento o polinización, la floración y las características de las semillas (Dvorak *et al.*, 1999; Brown y Hardner, 2000).

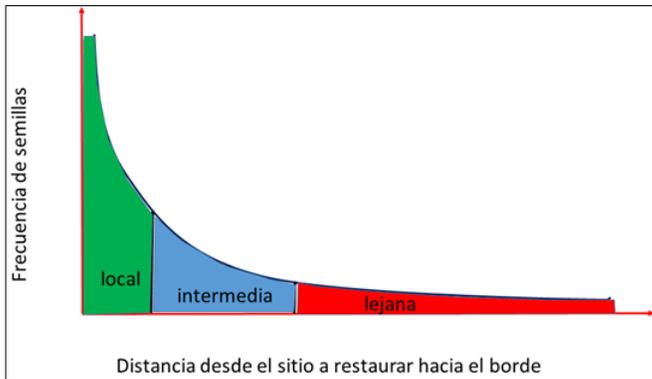
En general, una cantidad pequeña de semillas de muchas madres es una mejor muestra de la diversidad genética dentro de una población que muchas semillas de solo algunos árboles (Brown y Hardner, 2000).

En una especie completamente alogama o exogámica, como los *Nothofagus*, se requiere muestrear por lo menos 30 a 60 madres seleccionadas al azar (Rogers y Montalvo, 2004). Si la exogamia no es perfecta y existen antecedentes de autopolinización, entonces se recomienda una muestra mínima de 60 árboles (Brown y Hardner, 2000).

Algunos estudios recomiendan el uso de semillas de fuentes mixtas (AGR 1<sup>a</sup>B) para anticipar el impacto potencial del cambio climático (Breed *et al.*, 2013). Si para una especie de interés se esperan cambios menores en el clima y en la interacción genotipo ambiente (GxA), una mezcla de germoplasma forestal obtenido de poblaciones locales, pero genéticamente diversas, puede ser suficiente.

En el caso que no se conozca el impacto del cambio en el clima, ni en la interacción GxA, entonces una mezcla de procedencias puede ser la estrategia más adecuada para aumentar el potencial de adaptación del germoplasma forestal (Broadhurst *et al.*, 2008; Sgró *et al.*, 2011; Breed *et al.*, 2013).

Esta mezcla debería estar compuesta de: (i) una alta proporción de semillas de origen local de madres no emparentada (AGR 1<sup>a</sup>A), (ii) una proporción procedente de distancias intermedias que corresponde a la misma zona ecológica (AGR 1<sup>a</sup>B) y (iii) una baja proporción de germoplasma forestal de poblaciones distantes y que sean ecológicamente diversas (AGR 2<sup>a</sup>B) (Figura N° 3).



(Fuente: Lowe, 2010)

**Figura N° 3**  
**COMPOSICIÓN DE UN LOTE MIXTO DE SEMILLAS DE PROCEDENCIAS MEZCLADAS**  
**EN FUNCIÓN DE SU DISTANCIA RESPECTO AL SITIO DE RESTAURACIÓN**  
**(AGR 1ªA + AGR 1ªB + AGR 2ªB)**

### Regiones de Procedencias

La delimitación de las regiones o zonas de procedencia juega un papel clave para identificar la localización de las madres a las que se cosechara semilla (AGR 1ªB). Como primera aproximación se puede utilizar el método divisivo, el mismo que fue empleado por Vergara *et al.* (1998) al definir las regiones de procedencia para roble, raulí, y posteriormente para coigüe y laurel.

En términos más generales se puede utilizar este mismo método para una definición multiespecífica de zonas de procedencias en base a variables ambientales, tal como fue efectuado por Quiroz y Gutiérrez (2014) en la propuesta de reglamento para semillas y plantas forestales, donde se define un mapa de regiones de procedencia para especies forestales nativas. Un mapa de esta naturaleza, incorporado en un GIS permite visualizar la conectividad y/o fragmentación del tipo forestal en términos espaciales, lo cual está relacionado al flujo de genes de las especies del tipo forestal a restaurar.

Lo importante para la colecta de semilla es conocer a qué zona o región de procedencia corresponde o correspondería el lugar donde se establecerán las plantaciones, ya que el lugar a plantar normalmente ha perdido el material genético apropiado, esta situación es típica donde han ocurrido devastadores incendios forestales (AGR 1ªB, AGR 2ª A, AGR 2ª B).

### Colecta de Semilla de Madres

Para cada especie a restaurar se debe recopilar antecedentes de su biología reproductiva, fenología floral y vectores de dispersión de polen y/o semilla. El flujo de genes de las especies anemófilas es mucho mayor que las especies entomófilas. El procedimiento a considerar ha sido en parte extraído de Jones (2003), Jones y Monaco (2007) y Lowe (2010).

Si se define el lugar a plantar como punto X, el colector de semilla debe moverse en dirección hacia un punto similar a las condiciones ambientales del lugar elegido a plantar, pero en un bosque sin problemas de pérdidas de la estructura, de acuerdo a algún indicador de degradación utilizado. Una vez localizado dicho punto se georeferencia como punto cero y a partir

de este se establecerá unas líneas con una orientación determinada, para esto último se recomienda usar GIS. En cada línea, cada 30 a 50 m, dependiendo de la especie, se escogerá al azar una madre de las especies objetivo y se le colectará semilla. La distancia de 30 a 50 m es un intervalo de referencia para minimizar el parentesco entre las madres semilleras, lo que dependerá de la biología reproductiva de las especies.

Se recomienda colectar semillas de 25 a 30 madres de cada especie objetivo. De acuerdo a Lowe (2010) se debe colectar una proporción mayor de semilla y/o madres en las denominadas poblaciones locales (60%), y luego las poblaciones intermedias (30%) y las lejanas (10%). Estas poblaciones o procedencias mezcladas maximizan la variabilidad genética cuando se plantan en el punto X (sitio a recuperar), asegurando así la identidad genética, la sustentabilidad del recurso recuperado y permitiendo que en el futuro la regeneración natural pueda perpetuar el bosque. Si no se siguen estas recomendaciones es probable que la restauración sea un fracaso, tal como ha sido establecido por Bozzano *et al.* (2014).

La colecta propiamente tal se puede realizar mediante escalamiento o mediante pértigas y mallas. Una vez colectadas, las semillas se identificarán, rotularán y enviarán a laboratorio para los análisis físicos y de germinación.

Es altamente probable que la colecta de semilla se prolongue por más de un año en especies que presentan añerismo o vecería, que producen escasa cantidad de semillas o con baja viabilidad. El objetivo es generar una representación adecuada de la identidad y variabilidad genética de las especies definidas, contemplando un número mínimo de madres cuyos hijos no estén emparentados.

En algunos casos puede ocurrir que no todos los individuos seleccionados como progenitores produzcan semilla en la misma temporada o bien la cantidad de semilla sea insuficiente para producir las plantas requeridas.

En el contexto de la restauración requerida para la recuperación de bosques nativos sometidos a explotaciones y/o incendios forestales cobran una inusitada relevancia los Bancos de Germoplasma o Bancos de Semillas, los cuales son absolutamente insuficientes en Chile para los proyectos de restauración.

## **Viverización**

A las semillas recolectadas se les debe determinar sus parámetros físicos tradicionales (pureza, nº de semillas por kg, viabilidad y germinación), para posteriormente conformar las mezclas respectivas (poblaciones o procedencias mezcladas). Luego se deberá proceder a la viverización o producción de las plantas requeridas. Durante este proceso es fundamental mantener, desde la siembra y durante el proceso de producción, una identificación individual de cada especie y población mezclada de semillas, identificando su composición en términos de familias y proporción en la mezcla.

Los tratamientos germinativos y el proceso de viverización son antecedentes que deberán recopilarse con anterioridad al inicio de la producción de plantas, de modo de garantizar la obtención de material de plantación que cumpla los estándares de calidad morfológica y fisiológica que promuevan su adecuado desempeño en terreno.

## **Plantación**

El objetivo básico que debe primar durante la plantación es procurar competencia y permitir que el bosque se regenere posteriormente mediante regeneración natural. Con el objeto de expandir los bosquetes tratando de restituir las condiciones de bosque se pueden implementar programas de plantación, como una forma de enriquecer, sellar claros y unir fragmentos de bosquetes (Hernández y Vita, 2004). Para estos efectos resulta adecuada la técnica de

enriquecimiento, que corresponde al conjunto de operaciones silviculturales destinadas a mejorar la composición de un bosque, mediante la siembra o plantación de especies de valor.

El método más usual para establecer los nuevos ejemplares en el área a recuperar o restaurar es a través de la plantación de ejemplares producidos en vivero, lo que se conoce como una restauración activa. Considerando que estos nuevos ejemplares deberán interactuar con la vegetación original, se requiere del uso de plantas bien desarrolladas, cuyas características corresponden a un buen nivel de lignificación, altura mínima de 25 cm y diámetro del cuello superior a 0,5 cm, con una relación máxima entre ambos parámetros de 50:1, idealmente 40:1 a 30:1. Dependiendo del nivel de degradación la vegetación original puede actuar como nodriza, en especial cuando esta altamente degradada y si es leve las nodrizas pueden comportarse como madres, aportando semillas para el proceso de restauración.

Donoso y Soto (2010) presentan una síntesis con resultados de más de 30 años de investigación en plantaciones con especies nativas en el centro-sur de Chile, iniciadas bajo distintos esquemas de establecimiento y sometidas a diferentes condiciones ambientales y de manejo cultural. Junto con destacar la potencialidad de algunas especies como coigüe y raulí para plantaciones a campo desnudo, mencionan también situaciones de plantación bajo dosel en bosques degradados, que es la situación atingente en este caso. Los autores afirman que el establecimiento de plantaciones bajo la cobertura de un bosque degradado constituye una importante oportunidad para bosques localizados a más de 500 msnm en condiciones climáticas adversas y donde el establecimiento a campo desnudo es impracticable.

Las plantaciones bajo protección o en claros de dosel parecieran presentarse como una gran oportunidad en todos los ecosistemas forestales del centro-sur de Chile y en altitudes superiores a 500 msnm en la Cordillera de Los Andes, suman una mayor importancia, ya que es justo aquí donde se localizan en mayor cantidad, por ello es necesario profundizar en estudios tales como el efecto de la productividad bajo condiciones climáticas severas, las condiciones micro climáticas de piso forestal, las interacciones con la vegetación, e intensidad lumínica en el desarrollo de plantaciones, lo cual va a ser unos de los principales resultados para rehabilitar las millones de hectáreas degradadas en Chile.

Sin embargo, los mencionados autores enfatizan que tales plantaciones necesitan un fuerte control de vegetación invasora y homogenización de la estructura del bosque residual. Al respecto, señalan una experiencia de restauración en bosque degradado, donde se obtuvo un 100% de supervivencia de plantas y un promisorio crecimiento inicial mediante el establecimiento de coigüe en claros del bosque, y de ulmo y raulí bajo dosel de bosque adulto degradado. A nivel de especies, afirman que coihue necesita de claros mayores (área libre de copas), y que raulí después de dos años desde el establecimiento es indiferente al tamaño de estos claros.

## **INDICADORES DE ÉXITO EN LA RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS FORESTALES**

Los esfuerzos de recuperación y restauración normalmente se centran en el componente arbóreo de los ecosistemas forestales, tal vez porque los árboles forman la matriz básica del hábitat, lo que facilita la aparición y la evolución de otros organismos menos prominentes (Lamit *et al.*, 2011), incluso en lugares altamente degradados es necesario plantar primero especies nodrizas, normalmente coníferas exóticas (AGR 4ª), y luego bajo su protección las especies nativas.

Por cierto, durante su crecimiento y desarrollo los árboles interactúan y dependen de muchas otras especies, existiendo una creciente evidencia de que la variación genética en una especie afecta también a otras, situación que implica complejos procesos co-evolutivos dentro de ecosistemas enteros, y que se denomina genética de la comunidad (Whitham *et al.*, 2003). En algunos casos, la interacción de especies y genotipo puede tener un significativo impacto en el éxito del establecimiento de una población (Nandakwang *et al.*, 2008).

En general, las especies superiores y la diversidad genética mejoran la estabilidad de los ecosistemas, la resiliencia, la productividad y la recuperación ante los fenómenos climáticos extremos. Este último aspecto es de importancia creciente en virtud de los cambios ambientales (Kettenring *et al.*, 2014).

A pesar de la acumulación de experiencias de restauración de ecosistemas en las últimas décadas, todavía es común medir su éxito en términos de la cantidad de plantas plantadas o su supervivencia en el corto plazo (Le *et al.*, 2012). Existen muy pocos ejemplos de estudios que incluyan indicadores genéticos al evaluar el éxito en el establecimiento de especies nativas con fines de recuperación o restauración (Cruz Neto *et al.*, 2014). En cualquier caso, la cantidad de variación genética es un indicador de la funcionalidad y resiliencia del ecosistema y por lo tanto del éxito a largo plazo de la recuperación (Thompson *et al.*, 2010). Las extensas listas de indicadores de éxito de naturaleza no genéticos (Le *et al.*, 2012) son ilustrativas de la falta general de conciencia de la importancia de la genética forestal en los proyectos de recuperación y restauración de bosques o ecosistemas forestales.

El éxito de la restauración de ecosistemas funcionales solo se puede evaluar en el largo plazo, abarcando sus etapas principales, las que incluyen el establecimiento de los bosques, el crecimiento y su maduración (Le *et al.*, 2012). El seguir el concepto del acervo genético para la restauración tiende a minimizar los fracasos y evita incurrir en evaluaciones moleculares de alto costo.

No obstante un plan de seguimiento o monitoreo de los avances obtenidos, utilizando indicadores objetivos y medibles, debe ser parte integral de cualquier esfuerzo en esta materia (Godefroid *et al.*, 2011). Lo ideal es establecer una línea base, para luego realizar un monitoreo genético que incluya la estructura genética de: (i) los árboles remanentes de las poblaciones degradadas, (ii) los árboles jóvenes de regeneración natural, (iii) las poblaciones originales desde donde proviene el germoplasma. (iv) las plantas que se establecerán, y (v) los patrones de cruzamiento en las poblaciones no alteradas y alteradas.

Dicha información permitiría la evaluación y una mejor comprensión de los cambios en la diversidad genética y en la estructura de las poblaciones intervenidas. También permite cotejar la viabilidad genética de la progenie y el éxito de la operación en una escala amplia de tiempo.

Para el monitoreo de los ecosistemas forestales, una combinación de indicadores ecológicos y genéticos proporcionaría también buenos resultados (Aravanopoulos, 2011). Esto implica que inicialmente no es tan necesario hacer un gran esfuerzo en aplicar estudios moleculares para evaluar los niveles de identidad y diversidad genética.

Existen dos tipos de indicadores para evaluar la composición genética de las poblaciones de árboles recuperadas o restauradas; uno para las situaciones en las que los estudios moleculares son factibles y se puede disponer de información detallada, y otro para situaciones en las que este tipo de estudios no son factibles y la información deber obtenerse indirectamente (Dawson *et al.*, 2008).

En este último caso, una forma de obtener la información es mediante el monitoreo del crecimiento y el éxito reproductivo de las poblaciones de árboles establecidas.

También es conveniente desarrollar indicadores indirectos, los que pueden incluir la existencia de los datos genéticos de línea de base y su sensibilidad a los cambios ambientales, como por ejemplo en base a sus rasgos de historia de vida (Vranckx *et al.*, 2012).

Una aproximación simple para conocer el impacto del componente genético es descomponer la ecuación Fenotipo = Genotipo + Ambiente + Genotipo\*Ambiente, despejando el componente del Genotipo.

## CONCLUSIONES

La incorporación de consideraciones genéticas en el arte de la restauración de bosques aumentará la probabilidad de éxito del sistema restaurado.

Para una restauración exitosa se debe tener en cuenta los conceptos de identidad, diversidad genética y de adaptación de las procedencias al sitio de establecimiento.

En la práctica esto significa prestar especial atención al abastecimiento del material de reproducción que se usará para restaurar.

Ignorar estos elementos incidirá en que las unidades restauradas no sean sustentables en el largo plazo debido a una limitada capacidad para adaptarse a los cambios ambientales.

## REFERENCIAS

- Aitken, S. N.; Yeaman, S.; Holliday, J. A.; Wang, T. and Curtis-McLane, S., 2008.** Adaptation, migration or extirpation: climate change outcomes for tree populations. *Evol. Appl.* 1 (1), 95–111.
- Aravanopoulos, F. A., 2011.** Genetic monitoring in natural perennial plant populations. *Botany* 89, 75–81.
- Bhagwat, S. A.; Nogué, S. and Willis, K. J., 2012.** Resilience of an ancient tropical forest landscape to 7500 years of environmental change. *Biol. Conserv.* 153, 108–117.
- Bischoff, A.; Steinger, T. and Müller-Schärer, H., 2010.** The importance of plant provenance and genotypic diversity of seed material used for ecological restoration. *Restor. Ecol.* 18, 338–348.
- Bozzano, M.; Jalonen, R.; Thomas, E.; Boshier, D.; Gallo, L.; Cavers, S.; Bordács, S.; Smith, P. and Loo, J., (Eds.), 2014.** Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species. State of the World's Forest Genetic Resources –Thematic Study. Rome, FAO and Bioversity International. 281 p
- Bradshaw, A., 1965.** Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in Genetics*, 13, 115–155.
- Breed, M. F.; Ottewell, K. M.; Gardner, M. G. and Lowe, A. J., 2011.** Clarifying climate change adaptation responses for scattered trees in modified landscapes. *J. Appl. Ecol.* 48, 637–641.
- Breed, M. F.; Gardner, M. G.; Ottewell, K. M.; Navarro, C. M. and Lowe, A.J., 2012.** Shifts in reproductive assurance strategies and inbreeding costs associated with habitat fragmentation in Central American mahogany. *Ecol. Lett.* 15, 444–452.
- Breed, M. F.; Stead, M. G.; Ottewell, K. M.; Gardner, M. G. and Lowe, A.J., 2013.** Which provenance and where? Seed sourcing strategies for revegetation in a changing environment. *Conserv. Genet.* 14, 1–10.
- Broadhurst, L. M., 2011.** Genetic diversity and population genetic structure in fragmented *Allocasuarina verticillata* (*Allocasuarinaceae*) – implications for restoration. *Aust. J. Bot.* 59, 770–780.
- Broadhurst, L. M.; Lowe, A.; Coates, D.J.; Cunningham, S. A.; Mc Donald, M.; Vesk, P.A. and Yates, C., 2008.** Seed supply for large-scale restoration: maximizing evolutionary potential. *Evol. Appl.* 1, 587–597.
- Brown, A. H. D. and Hardner, C. M., 2000.** Sampling the gene pools of forest trees for *ex situ* conservation. In: Young, A., Boshier, D., Boyle, T. (Eds.), *Forest Conservation Genetics: Principles and Practice*. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 185–196.
- Brown, 2004.** Are functional guilds more realistic management units than individual species for restoration?. *Weed Technology* 18:1556-1571.
- Chazdon, R. L., 2008.** Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands.

**Cruz Neto, O.; Aguiar, A. V.; Twyford, A. D.; Neaves, L. E., Pennington, R. T. y Lope, A. 2014.** Genetic and ecological outcomes of *Inga vera* Subsp. *affinis* (Leguminosae) tree plantations in a fragmented tropical landscape. *PLoS ONE* 9(6), e99903.

**Dawson, I. K.; Lengkeek, A.; Weber, J. C. and Jamnadass, R., 2008.** Managing genetic variation in tropical trees: linking knowledge with action in agroforestry ecosystems for improved conservation and enhanced livelihoods. *Biodivers. Conserv.* 18 (4), 969–986. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-008>.

**Donoso, P. y Soto, D., 2010.** Plantaciones con especies nativas en el centro-sur de Chile: experiencias, desafíos y oportunidades. *Bosque Nativo* 47: 10 – 17.

**Dvorak, W. S.; Hamrick, J. L. and Hodge, G. R., 1999.** Assessing the sampling efficiency of *ex situ* gene conservation efforts in natural pine populations in Central America. *For. Genet.* 6, 21–28.

**ENSCONET, 2012.** ENSCONET Seed collecting manual for wild species. *Studi Trent. Sci. Nat.* 90, 221-248.

**FAO, 2014.** The State of the World's Forest Genetic Resources. United Nations Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.

**FORRU, 2006.** How to Plant a Forest: The Principles and Practice of Restoring Tropical Forest. Forest Restoration Research Unit, University of Chiang Mai, Thailand <<http://www.forru.org/en/content.php?mid=87>>

**Fox, C. W. and Reed, D. H., 2010.** Inbreeding depression increases with environmental stress: an experimental study and meta-analysis. *Evolution* 65, 246–258.

**Godefroid, S.; Piazza, C.; Rossi, G.; Buord, S.; Stevens, A. D.; Agurauja, R.; Cowell, C.; Weekley, C. W.; Vogg, G.; Iriondo, J.; Johnson, I.; Dixon, B.; Gordon, D.; Magnanon, S.; Valentin, B.; Bjureke, K.; Koopman, R.; Vicens, M.; Virevaire, M. and Vanderborght, T., 2011.** How successful are plant species reintroductions? *Biol. Conserv.* 144 (2), 672–682.

**Hernández, I. y Vita, A. 2004.** Reforestación para la expansión de los bosques de olivillo. En: Squeo, F.; Gutiérrez, J. y Hernández, I. (editores). 2004. Historia natural del Parque Nacional Fray Jorge. pp: 307-319.

**Hobbs, R. J.; Higgs, E. and Harris, J. A., 2009.** Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. *Trends Ecol. Evol.* 24 (11), 599–605.

**ITTO, 2002.** ITTO guidelines for the restoration, management and rehabilitation of degraded and secondary tropical forest. ITTO Policy Development Series No. 13. 84 p.

**Jones, T. 2003.** The Restoration Gene Pool Concept: Beyond the Native Versus Non-Native Debate. *Restoration Ecology* Vol. 11 N° 3, pp. 281-290.

**Jones, T. y Monaco, T. A. 2007.** Restoration Practitioner's Guide to the Restoration Gene Pool Concept. *Ecological Restoration* 25:1. March 2007 pp. 12-19.

**Kettenring, K. M.; Mercer, K. L.; Reinhardt Adams, C. and Hines, J., 2014.** Application of genetic diversity-ecosystem function research to ecological restoration. *J. Appl. Ecol.* 51 (2), 339–348.

**Kindt, R.; Lillesø, J.B.L.; Mbor, A.; Muriuki, J.; Wambugu, C.; Frost, W.; Beniast, J.; Aithal, A.; Awimbo, J.; Rao, S. and Holding-Anyonge, C., 2006.** Tree Seeds for Farmers: A Toolkit and Reference Source. World Agroforestry Centre, Nairobi, Kenya

**Krishnan, S.; Ranker, T. A.; Davis, A. P. and Rakotomalala, Jacques., 2013.** The study of genetic diversity patterns of *Coffea commersoniana*, an endangered coffee species from Madagascar: a model for conservation of other littoral forest species. *Tree Genet. Genomes* 9, 179–187.

**Lamit, L. J.; Wojtowicz, T.; Kovacs, Z.; Wooley, S. C.; Zinkgraf, M.; Whitham, T. G.; Lindroth, R. L. and Gehring, C. A., 2011.** Hybridization among foundation tree species influences the structure of associated understory plant communities. *Botany* 89, 165–174.

**Lara, A.; Little, C.; Cortés, M.; Cruz, E.; González, M.; Echeverría, C.; Suárez, J.; Bahamondez, A. y Coopman, R., 2014.** Restauración de ecosistemas forestales. En: Donoso, C.; González, M. y Lara, A. (Eds).

2014. Ecología Forestal: Bases para el manejo sustentable y conservación de los bosques nativos de Chile. Ediciones UACH. pp: 605-672.
- Le, H. D.; Smith, C.; Herbohn, J. and Harrison, S., 2012.** More than just trees: assessing reforestation success in tropical developing countries. *J. Rural Stud.* 28, 5–19.
- Levins, R. 1966.** Strategy of model building in population biology. *American Scientist* 54:421-431
- Lillesø, J.B.L.; Graudal, L.; Moestrup, S.; Kjær, E. D.; Kindt, R.; Mbor, A.; Dawson, I.; Muriuki, J.; Ræbild, A. and Jamnadass, R., 2011.** Innovation in input supply systems in smallholder agroforestry: seed sources, supply chains and support systems. *Agrofor. Syst.* 83, 347–359.
- Lowe, A J., 2010.** Composite provenancing of seed for restoration: progressing the 'local is best' paradigm for seed sourcing. *The State of Australia's Birds 2009: restoring woodland habitats for birds.* Compiled by David Paton and James O'Conner. Supplement to *Wingspan* 20(1) March.
- Lowe, A. J.; Boshier, D.; Ward, M.; Bacles, C. F. E. and Navarro, C., 2005.** Genetic resource impacts of habitat loss and degradation; reconciling empirical evidence and predicted theory for neotropical trees. *Heredity* 95, 255–273.
- Markl, J. S.; Schleuning, M.; Forget, P. M.; Jordano, P.; Lambert, J. E.; Traveset, A.; Wright, S. J. and Böhning-Gaese, K., 2012.** Meta-analysis of the effects of human disturbance on seed dispersal by animals. *Conserv. Biol.* 26, 1072–1081.
- Mata, R.; Voltas, J. and Zas, R., 2012.** Phenotypic plasticity and climatic adaptation in an Atlantic Maritime Pine breeding population. *Annals of Forest Science* 69, 477– 487.
- Mátyás, C., 1994.** Modeling climate change effects with provenance test data. *Tree Physiol.* 14, 797–804.
- McKay, J. K.; Christian, C. E.; Harrison, S. and Rice, K. J., 2005.** "How Local Is Local?" – A review of practical and conceptual issues in the genetics of restoration. *Restor. Ecol.* 13, 432–440.
- Millar, M. A.; Byrne, M.; Nuberg, I. K. and Sedgley, M., 2012.** High levels of genetic contamination in remnant populations of *Acacia saligna* from a genetically divergent planted stand. *Restor. Ecol.* 20, 260–267.
- Miyawaki, A., 2004.** Restoration of living environment based on vegetation ecology: Theory and practice. *Ecol. Res.* 19, 83–90.
- MMA, 2007.** Documento técnico para la elaboración de la estrategia española para la conservación y el uso sostenible de los recursos genéticos forestales. Comité Nacional de Mejora y Conservación de Recursos Genéticos Forestales. Ministerio de Medio Ambiente. 138 p.
- Murawski, D. A.; Nimal Gunatilleke, I. A. U. and Bawa, K.S., 1994.** The effects of selective logging on inbreeding in *Shorea megistophylla* (*Dipterocarpaceae*) from Sri Lanka. *Conserv. Biol.* 8, 997–1002.
- Nandakwang, P.; Elliott, S.; Youpensuk, S.; Dell, B.; Teaumroon, N. and Lumyong, S., 2008.** Arbuscular mycorrhizal status of indigenous tree species used to restore seasonally dry tropical forest in northern Thailand. *Res. J. Microbiol.* 3 (2), 51–61.
- Navarro, C. , Huaunstein, E., Pinares, J., Esse, C. y Cabello, J. 2014.** Guía de reconocimiento de Estaciones Forestales de la Región de la Araucanía. Proyecto Innova 11BPC-10164. Implementación de una metodología de tipificación de bosque nativo para la aplicación de la ley 20.283 sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal. CORFO, Universidad Católica de Temuco, CONAF. 89 p.
- Nei, M. 1972.** Genetic distance between populations. *American Naturalist* 106:283-292.
- Ng, K. K. S.; Lee, S. L. and Ueno, S., 2009.** Impact of selective logging on genetic diversity of two tropical tree species with contrasting breeding systems using direct comparison and simulation methods. *For. Ecol. Manage.* 257, 107–116.
- Pakkad, G.; Mazrooei, S. A.; Blakesley, D.; James, C.; Elliott, S.; Luoma-Aho, T. and Koskela, J., 2008.** Genetic variation and gene flow among *Prunus cerasoides* D. Don populations in northern Thailand: analysis of a rehabilitated site and adjacent intact forest. *New Forest.* 35, 33–43.

**Quiroz, I. y Gutiérrez, B., 2014.** Propuesta de reglamento para semillas y plantas forestales. INFOR-SAG-INNOVA CORFO. Concepción. 74 p.

**Rogers, D. L. and Montalvo, A. M., 2004.** Genetically Appropriate Choices for Plant Materials to Maintain Biological Diversity, Report to the USDA Forest Service. University of California, Rocky Mountain Region, Lakewood.

**SER, 2004.** Principios de SER International sobre la restauración ecológica. Society for Ecological Restoration International. Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. En: <http://www.ser.org> (consulta octubre, 2014).

**Sgrò, C. M.; Lowe, A. J. and Hoffmann, A. A., 2011.** Building evolutionary resilience for conserving biodiversity under climate change. *Evol. Appl.* 4, 326–337.

**Thomas, E.; Jalonen, R.; Loo, J.; Boshier, D.; Gallo, L.; Cavers, S.; Bordács, S.; Smith, P. and Bozzano, M. 2014.** Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species. *Forest Ecology and Management* 333 (2014): 66–75.

**Thompson, I.; Mackey, B.; McNulty, S. and Mosseler, A., 2010.** A synthesis on the biodiversity-resilience relationships in forest ecosystems. In: Koizumi T, Okabe K, Thompson, I., Sugimura, K., Toma, T., Fujita, K. (Eds.), *The Role of Forest Biodiversity in the Sustainable Use of Ecosystem Goods and Services in Agro-Forestry, Fisheries, and Forestry*. Forestry and Forest Products Research Institute, Ibaraki, Japan, pp. 9–19.

**Vallee, L.; Hogbin, T.; Monks, L.; Makinson, B.; Matthes, M. and Rossetto, M., 2004.** Guidelines for the Translocation of Threatened Plants in Australia -, Second ed. Australian Network for Plant Conservation, Canberra, Australia.

**Vergara, R.; Ipinza, R.; Donoso, C. y Grosse, H., 1998.** Definición de zonas de procedencias de roble y raulí. Estado de Avance. En: Primer Congreso Latinoamericano IUFRO "El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales: Desafío del Siglo XXI". Valdivia, 22 al 28 de noviembre de 1998.

**Vergara, R. 2011.** Neutral and Adaptive Genetic Structure of South America Species of *Nothofagus* subgenus *Lophozonia*. Natural History, Conservation, and Tree Improvement Implication. A Dissertation Presented to the Graduated School of the University of Florida in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Doctor of Philosophy. University of Florida.

**Vranckx, G.; Jacquemyn, H.; Muys, B. and Honnay, O., 2012.** Meta-analysis of susceptibility of woody plants to loss of genetic diversity through habitat fragmentation. *Conserv. Biol.* 26, 228–237.

**Whitham, T. G.; Young, W. P.; Martinsen, G. D.; Gehring, C. A.; Schweitzer, J. A.; Shuster, S. M.; Wimp, G. M.; Fischer, D.G.; Bailey, J. K.; Lindroth, R. L.; Woolbright, S. and Kuske, C. R., 2003.** Community and ecosystem genetics: A consequence of the extended phenotype. *Ecology* 84, 559–573.

**Wuethrich, B., 2007.** Biodiversity. Reconstructing Brazil's Atlantic Rainforest. *Science* 315, 1070–1072.

## ANEXO 1 ACERVOS GENÉTICOS PARA RESTAURACIÓN

### ACERVOS PRIMARIOS, SECUNDARIOS, TERCIARIOS Y CUATERNARIOS

El concepto de “pool genético de restauración” hace referencia al acervo genético del material que se usa para restaurar un sitio alterado y conducirlo nuevamente a la situación prístina original que hubiese tenido si no hubieran actuado sobre él los factores que lo han degradado o alterado. Para este efecto Jones (2003) y Jones & Mónaco (2007) definen y proponen cuatro tipos de acervos genéticos de restauración dependiendo de su proximidad o identidad genética con la población objetivo; desde el más parecido o material local, al que denominan primario, hasta el más distante que denominan cuaternario. Al respecto enfatizan que el material vegetal con la mayor identidad genética (acervo primario de restauración) podría no ser finalmente el exitoso, y que puede ser necesario sustituirlo por materiales de acervos secundario o de orden mayor. En este mismo sentido indica que: “maximizar la identidad genética entre la población objetivo y el material de restauración no necesariamente maximizará la adaptación genética”. En efecto, se ha observado que material no relacionado con la población objetivo (incluso de hemisferios diferentes) puede presentar genes superiores para adaptarse al sitio alterado. A este material se le objeta que no es nativo o local, pero eso es un tema de identidad genética más que de adaptación genética.

Aunque en teoría se puede preferir material de restauración de alta identidad genética con la población objetivo, en la práctica el uso de este material puede ser problemático. El concepto de AGR, que involucra la adaptación ecológica y la variación genética, proporciona un marco de trabajo para encontrar el material vegetal más apropiado para abordar exitosamente un proyecto de restauración. Una mezcla de acervos de restauración de distinto orden a menudo ha demostrado ser la opción más práctica. Por lo mismo, en este anexo se especifica cuáles son y en qué consisten los 4 acervos genéticos definidos por Jones (2003)

#### Acervo Genético de Restauración Primario

La identidad del acervo genético de restauración (AGR) primario es alta con respecto a la población objetivo. Su estructura genética posee los niveles originales de heterocigocidad y heterogeneidad. Retiene también todos los biotipos o subpoblaciones genéticamente controladas con diferente forma o función que pueden haber estado presentes en la población original. Incluye solo material de la población objetivo y de aquellas más próximas que estén conectadas mediante flujo de genes con esta. En síntesis el AGR primario consiste de la misma población objetivo. Es el material que se prefiere para hacer restauración cuando se puede disponer de él y cuando la función ecológica de la población objetivo no ha sido tan radicalmente alterada como para que tal material ya no esté adaptado a ella.

#### Acervo Genético de Restauración Secundario

A menudo no es posible usar material con un acervo primario, debido básicamente a la ausencia de este material (no hay semillas) o a que posee una muy pobre adaptación al ambiente alterado. En estos casos se considera el uso del AGR secundario. La identidad genética del AGR secundario es menor que la del primario debido a que proviene de materiales colectados en diversos sitios que no están conectados por medio de flujo génico con la población objetivo. A pesar de su baja identidad genética, el AGR secundario puede de todas formas estar tan bien o mejor adaptado a las condiciones del sitio objetivo. Por otra parte, puede ocurrir depresión exogámica como resultado de los cruces entre material local con otro no local.

El uso del AGR secundario es particularmente apropiado cuando las especies de la población objetivo presentan variación espacial continua (clinal) y resulta menos adecuado cuando

la variación es ecotípica.

El uso del AGR secundario es más adecuado que el AGR primario cuando los disturbios en el sitio a restaurar han sido de una intensidad tal, que el material local ya ha dejado de estar adaptado a ese sitio.

### **Acervo Genético de Restauración Terciario**

Debido a que el AGR terciario consiste en taxones que, si bien están estrechamente relacionados con los de la población objetivo, están separados de ella por barreras genéticas o mecanismos de aislamiento efectivos que impiden el flujo génico. Por lo mismo, su identidad genética es considerablemente menor que los AGR's primarios o secundarios.

Cuando la eficacia de los *taxa* propios del sitio objetivo es incierta, es apropiado usar el AGR terciario, el cual corresponde a especies o grupos taxonómicos relacionados con los del sitio objetivo, o híbridos entre aquellos y estos. Esto es recomendado cuando el sitio ha sufrido disturbios tan intensos, que hasta su función ecosistémica se ha alterado.

### **Acervo Genético de Restauración Cuaternario**

Este acervo posee la menor similitud o identidad genética con la población objetivo, pero como contrapartida posee la mayor posibilidad de adaptación. Su atractivo radica en la capacidad para tolerar o reparar un ecosistema cuya estructura y funcionamiento se han alterado drásticamente.

EL AGR cuaternario juega su rol cuando no es posible disponer de los acervos de orden menor. Considera especies o grupos taxonómicos que puedan cumplir papeles similares en la estructura y función ecosistémica que aquellos desempeñados por las especies de la población objetivo. En este aspecto puede incluso ser más robusto, lo que significa que es más capaz de tolerar los estreses ambientales derivado de las alteraciones que afectan a la población objetivo.

La idea subyacente en el AGR cuaternario no es que se favorezca la adaptación por sobre la identidad genética, sino que cuando por alguna razón no se dispone de material con identidad genética para enfrentar desafíos de restauración, entonces se privilegia el uso de material con mayor potencial de adaptación.

**Cuadro N° 1  
IDENTIDAD, ADAPTACIÓN Y VARIABILIDAD GENÉTICA DE LOS DISTINTOS ACERVOS GENÉTICOS DE RESTAURACIÓN**

<b>Acervos Genéticos de Restauración (AGR)</b>	<b>Identidad o Similitud Genética con Población Objetivo</b>	<b>Posibilidad o Potencial de Adaptabilidad Ecológica</b>	<b>Variabilidad Genética</b>
Primario	Alta - Muy Alta	Alta	Baja - Moderada
Secundario	Baja - Moderada	Moderada	Variable
Terciario	Muy Baja	Baja	Variable
Cuaternario	Nula	Muy Alta	Variable

## RESUMEN

El éxito en la implementación de los sistemas agroforestales se asegura formulando una estrategia basada en la participación cercana entre el equipo técnico y el propietario. Este trabajo describe el enfoque participativo logrado entre profesionales del Instituto Forestal (INFOR), el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y el Programa de Desarrollo Local de INDAP (PRODESAL) junto a los productores, para la implementación en sus propiedades de modelos agroforestales que permitan aumentar y mejorar la economía predial.

El trabajo considera dos partes. La primera recoge la experiencia del equipo técnico para incorporar superficies agroforestales al sistema productivo predial, resultado de una labor constante y participativa en términos de actividades en terreno y reuniones con otros grupos de trabajo de las diversas instituciones, y la selección de un predio modelo que sirva como ejemplo y herramienta en la difusión y capacitación a otros propietarios y profesionales.

La segunda parte, considera escoger un sitio y un propietario, y las actividades desarrolladas para implementar una Unidad Demostrativa (UD) en la región de Los Ríos. Luego de diversas visitas, se decidió trabajar con un agricultor que representa el espíritu de los objetivos trazados por el programa. Se trata de una propietaria que maneja una superficie de 60 ha, es beneficiaria de INDAP, ha tomado varios cursos que entrega la institución y mantiene diversos rubros productivos. Como resultado, los sistemas agroforestales contemplados para la Unidad son cortinas cortavientos con diferentes diseños y especies, sistemas silvopastorales y sistemas dendroenergéticos.

Una vez, establecida la Unidad Demostrativa, esta se utiliza como plataforma para expandir estos modelos a otros propietarios interesados, considerando los siguientes pasos: Reuniones masivas con propietarios, visitas a la UD, visita a predios de interesados, definición de las necesidades y discusión de las alternativas posibles, considerando la ordenación predial, las necesidades del agricultor y las características del sitio.

Palabras clave: Sistemas agroforestales, Estrategia participativa.

## SUMMARY

Success in agroforestry systems establishment depends on a participatory strategy formulation between the technical team and the owners. This paper describes the participatory approach accomplished between the Forestry Institute (INFOR), the Agriculture Development Institute (INDAP) and the INDAP's Local Development Program (PRODESAL) technical team and the land owners, in order to establish in their properties agroforestry systems to improve the farm incomes.

The work considers two parts. The first one includes the technical team experience in incorporating agroforestry areas to the farm production application and the selection of a model farm suitable to be an example and a dissemination tool to train other owners.

The second part consists on the site and owner selection, and the necessary activities to establish the demonstrative unit. After several visits and meetings an appropriate land owner was selected. She is a 60 ha owner, INDAP's beneficiary, has approved some INDAP's courses and manages different productive systems. Agroforestry appropriate systems to her farm are some different design and species wind breaks, cattle and forests combinations and wood based energy production system.

Once established the demonstrative unit it is used to disseminate these productive models to other owners through general meetings, visits to the unit, visits to the other owners farms, needs definition and discussion over the basis of territorial planning, owner needs and site characteristics.

Key words: Agroforestry systems, Participatory strategy.

## INTRODUCCIÓN

Nadie duda actualmente de la necesidad de participación de la comunidad en las actividades de planificación y manejo agrícola, forestal y predial a nivel local. La concepción de una estrategia que combine no solamente los intereses de todos los actores implicados (la población local, servicios del agro y forestal, entre otros) sino que también tome en cuenta los diferentes aspectos del manejo forestal comunitario (económico, legal, social, físico), no resulta ser una tarea fácil (Sodeik, 1999).

El trabajo participativo busca corregir y lograr una mayor eficiencia de la intervención pública y generar respuestas y propuestas que optimicen los recursos a través de mejores servicios con iguales recursos.

La participación debe considerar las perspectivas de los diferentes actores sociales, desde los productores hasta la comunidad y las instituciones del Estado, en el ámbito de la planificación e intervención, permitiendo orientar y gestionar de manera complementaria aquellos procesos o modelos que han identificado claramente los intereses de los propietarios. Un ejemplo de esto es la incorporación de cortinas cortaviento, como método más utilizado y solicitado por los propietarios al inicio del Programa Nacional Agroforestal. Así, la participación permite alcanzar u obtener el mayor consenso posible, público/privado/ciudadano, a través de distintos procesos de consulta, debate y visitas (Bru y Basagoiti, s/f).

El trabajo participativo entre los propietarios, profesionales y servicios, aplicado a introducir o implementar modelos agroforestales en la región de Los Ríos, surge como parte fundamental en la definición de modelos, la generación de confianzas y el análisis de soluciones dentro de los predios.

La agroforestería se entiende como un sistema integrado de gestión de recursos del territorio rural que responde a la asociación intencional de árboles o arbustos con cultivos o ganadería y donde la interacción permite generar beneficios económicos, medioambientales y sociales.

La Corporación Nacional Forestal (CONAF) y el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), servicios dependientes del Ministerio de Agricultura, a través de sus instrumentos de fomento DL 701<sup>10</sup> y SIRSD-S<sup>11</sup> pueden financiar parte de los costos que implica el establecimiento

---

<sup>10</sup> DL N° 701. Ley de Fomento Forestal: Orientado a incentivar la forestación (Su vigencia expiró, pero está en estudio su prorrogación o la formulación de una nueva ley de fomento al respecto)

<sup>11</sup> Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios. Orientado a la recuperación de suelos degradados.

de algunos de los sistemas agroforestales. Este financiamiento está calculado de acuerdo a la zona geográfica y modelo agroforestal a implementar. Cada instrumento tiene sus propios requerimientos operacionales y técnicos.

La implementación de un sistema agroforestal depende evidentemente del interés y compromiso del productor y son necesarios distintos recursos que permitan ayudar a completar los análisis, a planificar el establecimiento y a aplicar el plan de manejo correspondiente. El productor necesita información, financiamiento y, a menudo, equipamiento, apoyo técnico y mano de obra. Además, los beneficios de la combinación de productos del sistema dependen de que estos sean transformados si es necesario y puestos en marcha dentro de una cadena productiva. Al final del proceso se debe valorizar los beneficios económicos, ambientales y sociales del plan de manejo desarrollado.

## OBJETIVOS

Difundir los sistemas agroforestales, como una oportunidad de ordenamiento territorial e incremento de los ingresos en predios de pequeños y medianos propietarios, mediante una estrategia participativa e integrada entre estos y los profesionales del sector y las instituciones del Estado.

Establecer en la región de Los Ríos una unidad demostrativa de estos sistemas dentro del contexto mencionado.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Área de Estudio

La región de Los Ríos se compone de dos Provincias: Valdivia y Ranco. Las capitales provinciales son Valdivia y La Unión, respectivamente. Las comunas que componen esta región son: Valdivia, Mariquina, Lanco, Los Lagos, Corral, Máfil, Panguipulli, Paillaco, La Unión, Futrono, Río Bueno y Lago Ranco.

INFOR desarrolla un trabajo de introducción de sistemas agroforestales en la región de Los Ríos, dentro del cual se implementa una unidad demostrativa en la comuna de Los Lagos.

En esta región predominan dos grandes sistemas hidrográficos representados por los ríos Valdivia y Bueno, ambos nacen en la Cordillera de Los Andes. Los límites de la región de Los Ríos son al norte la región de la Araucanía, al sur la región de Los Lagos, al este la República Argentina y al oeste el Océano Pacífico.

De acuerdo al último Censo (2002) la región contaban con una población total de 356.396 habitantes; 243.339 habitantes son la población urbana que equivale al 68,37% del total. La mayoría de esta población urbana vive en la capital regional, Valdivia con 127.750 habitantes, única localidad de importancia en la zona costera. El resto de las ciudades y pueblos se ubican en el Valle Central o en la cercanía de lagos. Otras ciudades de importancia son La Unión, con 25.615 habitantes; Río Bueno, con 15.054 habitantes; Panguipulli, con 11.142 habitantes; Paillaco, con (9.973 habitantes, y Los Lagos, con 9.479 habitantes.

La economía regional tiene su principal sustento en la actividad forestal, tanto por la extracción de maderas (*Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus nitens* y en mucho menor medida algunas especies nativas) como por procesamiento de celulosa de madera de plantaciones forestales.

El desarrollo agrícola, basado en el cultivo de cereales y crianza de ganado, también

constituye una importante actividad más al interior de la región. El turismo es igualmente una fuente importante de desarrollo para la región, tanto en Valdivia como en la zona interior lacustre.

La comuna de Los Lagos tiene una superficie de 1.791,2 Km<sup>2</sup> y una población de 20.168 habitantes; 9.479 habitantes de población urbana y 10.689 habitantes de población rural. Si bien más de la mitad de la población es de carácter rural, la comuna presenta la tasa de pobreza más baja de la región de Los Ríos.

Esta comuna es el corazón geográfico de la región de Los Ríos y el punto donde finalmente siete lagos se reúnen en el río San Pedro para iniciar su descenso final hacia el mar. Es un centro pecuario importante, con más de 70 mil cabezas de ganado bovino, solo superada por Río Bueno y Paillaco.

En el ámbito forestal, unas 32 mil hectáreas forestales dan a la comuna protagonismo en este rubro a nivel regional.

### **Unidad Demostrativa**

La unidad demostrativa, donde se ha establecido la experiencia agroforestal, se ubica en la comuna de Los Lagos, posee una superficie de 60 ha y es manejada por la Sra. Berta Hernández, propietaria del predio.

La producción del predio es mixta, con crianza ovina y bovina con plántulas de 39 bovinos y 48 ovinos. Tiene además una producción de hortalizas acompañada de cultivos de frambuesas y grosellas.

Otros aspectos interesantes de tener en consideración y que sirvieron de base en la toma de decisión para el establecimiento de esta unidad, son:

Predio bien organizado.

Existen algunos sectores (lomas), con plantación reciente de pino (agosto de 2010), con más o menos 4000 plantas, establecidas por iniciativa de la propietaria.

Existe un sector con bosque nativo sin manejo, constituido por roble, olivillo, canelo, radal y otras especies.

Potreros separados y manejo predial.

Establecimiento de cortinas cortaviento por iniciativa propia sin buen resultado.

Existencia de potreros cercados, con malla y cerco eléctrico, para el manejo de las ovejas.

Buena comunicación con la propietaria y disposición de esta a recibir asistencia técnica.

### **Método**

Todo el trabajo participativo territorial se planificó en etapas y el método empleado en cada una es el siguiente:

Primera Etapa: Reunión Directores de Servicios  
Reunión Jefes de Áreas y Determinación Contrapartes  
Curso Capacitación Técnicos

## Charlas Masivas a Propietarios

- Segunda Etapa: Visitas a Terreno  
Planificación del Sitio  
Establecimiento de la Unidad Demostrativa
- Tercera Etapa: Reuniones de Planificación con Servicios del Agro  
Reuniones de Planificación con Operadores de los Instrumentos de Fomento

### - **Primera Etapa. Reuniones Informativas**

Se organizó una serie de charlas informativas con los diferentes actores sociales de los servicios públicos, directores de servicios, jefes de áreas, y profesionales. Realizando además reuniones informativas y curso-talleres a profesionales y operadores.

Se sostuvo diversas reuniones con propietarios y se dieron charlas masivas aprovechando la estructura ya formada a través de INDAP en algunos sectores, mediante los centros de acopio lechero, y otras a través de grupos de PRODESAL.

Se proporcionó información sobre los objetivos y las estrategias del proyecto y se respondieron las preguntas formuladas por los participantes. Junto a estas charlas se programaron visitas a la unidad demostrativa, momento en que los propietarios pudieron compartir experiencias, conocer los sistemas agroforestales implementados y proponer sugerencias a los profesionales que participaron también de las visitas.

### - **Segunda Etapa. Visitas a Terreno, Planificación y Establecimiento de la Unidad Demostrativa**

Realizados los contactos con aquellos productores interesados en establecer sistemas agroforestales, el equipo de INFOR fijó reuniones para hacer visitas individuales y recorrer cada predio.

Luego de las visitas, se proponen opciones que son discutidas con el propietario. El trabajo va dirigido fundamentalmente al apoyo técnico con indicación de especies adecuadas según sea la necesidad específica de cada productor.

Otro elemento de apoyo y de discusión con los propietarios es la entrega de herramientas técnicas para el correcto establecimiento de las plantas, indicando además los detalles de dónde establecer y las precauciones necesarias al hacerlo.

### - **Tercera Etapa. Reuniones de Planificación con Servicios del Sector**

De manera simultánea con el avance de las dos primeras etapas, se sostuvieron reuniones con delegados de los servicios del agro relacionados con el Programa de Agroforestería.

Esta parte del trabajo es fundamental para lograr apoyos mutuos en el tema agroforestal. Así, se logró desarrollar reuniones y giras con los propietarios, gestionadas a través de los profesionales de INDAP.

Las diversas reuniones condujeron a un acuerdo con los encargados de SIRSD de la región para trabajar en conjunto con los operadores sobre los distintos Planes de Manejo presentados al concurso anual y donde los profesionales del Instituto Forestal entregarán su colaboración técnica sobre cada plan.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Primera Etapa

La realización de una cantidad de charlas y reuniones permitió consolidar el tema agroforestal a nivel regional, lográndose informar ampliamente a los distintos actores. Unas 15 charlas técnicas, con más de 200 asistentes, en las distintas comunas, permitieron entregar los conocimientos y compartir experiencias, e identificar las necesidades y demandas, tanto de la comunidad campesina como de los mismos profesionales, quienes manifestaron la necesidad de colaboración técnica en estos temas.

### Segunda Etapa

El trabajo conjunto con los propietarios y en especial con la propietaria del predio donde se ubica la unidad demostrativa, permitió lograr las confianzas necesarias y los apoyos mutuos para un correcto y sólido establecimiento de los distintos sistemas agroforestales.

#### Establecimiento de la Unidad Demostrativa

En la Unidad demostrativa, que hoy funciona y sirve como herramienta demostrativa para giras, charlas y cursos con propietarios, fueron establecidos distintos sistemas, como cortinas cortaviento, áreas silvopastorales y un huerto frutal.

Las cortinas cortavientos fueron establecidas de acuerdo a la posición del predio respecto de los vientos predominantes y cumpliendo objetivos adicionales de separación de potreros y abastecimiento de leña y madera. Se recalca con la propietaria y con otros propietarios visitantes de la unidad que las cortinas tienen como fin morigerar los vientos, favoreciendo actividades agrícolas o ganaderas en las áreas que protegen y que cada componente de la cortina tiene además un fin productivo particular del cual depende qué especies son incluidas en su formación. En este caso se incluyeron especies arbóreas que permiten la producción de madera (pino, *Pinus radiata*), leña (aromo, *Acacia dealbata*) y forraje (maitén, *Maytenus boaria*), distribuidas en hileras al tres bolillo.

En cuanto a los sistemas silvopastorales; fueron plantados sectores con pino (*Pinus radiata*), roble (*Nothofagus obliqua*) y raulí (*Nothofagus alpina*), plantaciones establecidas en curvas a nivel distanciadas a 6 m. Además de un sector con fines de energía con aromo (*Acacia dealbata*). Se incorporaron así especies nativas de alto valor, pino para la obtención de madera en menor plazo y aromo para la generación de leña para calefacción.

El sistema de huerto frutal responde a sugerencias, tanto de la propietaria como de profesionales de INDAP. En el área fueron incorporadas ocho variedades de manzanas, más dos adicionales como polinizadores, en una disposición de 6 x 2 m. La utilización de las distintas variedades tiene por objeto lograr una producción continua en el tiempo, para autoconsumo y venta local. Todo el huerto está circunscrito por una cortina cortaviento de cerezos y nogales, que adicionalmente tendrá una producción frutal.

### Tercera Etapa

Como resultado de las diversas reuniones se concretó un acuerdo con los encargados de del Instrumento de Fomento SIRSD, que consiste básicamente en resolver dudas en la presentación de los Planes de Manejo con operadores recomendados por INDAP. Esta etapa ha resultado crucial al momento de consolidar el programa y lograr implementar algunos modelos financiados por este instrumento de fomento, con una fuerte colaboración desde las instituciones involucradas, los operadores que deben presentar los planes de manejo, los propietarios que se interesan por estos modelos, y los profesionales del INFOR que colaboran en la asistencia técnica.

## **Factores en el Avance de Sistema Agroforestales en la Región**

El avance en la participación y establecimiento de sistemas agroforestales en la región de Los Ríos se ha debido fundamentalmente a la acción de dos factores.

El primero radica en el contexto en que se dio la intervención para el logro de las metas establecidas. Se trabajó con pequeños propietarios con evidentes problemas de forestación en sus predios, principalmente centrados en el abastecimiento de leña y madera. Se trabajó con aquellos propietarios que participan de los instrumentos de fomento que ofrece INDAP y con quienes existe un grado de responsabilidad directa.

Muchos de los propietarios resaltan su falta de abastecimiento de los productos mencionados, lo que ha permitido fortalecer la cooperación con la asistencia técnica y donde son ellos quienes realizan el trabajo de propuesta y establecimiento del sistema agroforestal a implementar.

El trabajo realizado en conjunto con los encargados SIRSD de INDAP en la región permitió garantizar la presentación de planes de manejo con actividades agroforestales para su evaluación y financiamiento, lo que aseguró una motivación continua de los operadores, propietarios y profesionales del sector, sobre la base de métodos y recomendaciones coherentes con las características de cada predio y su superficie.

El segundo factor que ha favorecido este avance de los sistemas agroforestales surge de la valoración que los profesionales tienen del sector, ellos viven, trabajan y están inmersos en las problemáticas locales que viven permanentemente los pequeños propietarios. Este involucramiento permite generar las confianzas necesarias y la entrega de información entre los actores. Para ellos el solo hecho de hablar con la gente y transmitir la información no es suficiente, es el seguimiento de las acciones propuestas en los planes de manejo el que resulta esencial para mantener los programas asegurados en el tiempo.

## **CONCLUSIONES**

El trabajo coordinado y de cooperación con los distintos servicios del Agro y con los propietarios es fundamental para el logro de los objetivos.

En el caso del uso del Instrumento SIRSD, que financia labores de recuperación de suelos degradados, es posible implementar Planes de Manejo combinados con otras labores bonificables, lo que permite avanzar en el ordenamiento y producción predial con el apoyo de este.

La Unidad Demostrativa es la mejor herramienta para dar a conocer métodos agroforestales, entregar los conocimientos de manera práctica y aglutinar puntos de vista de los asistentes a cada actividad en ella.

Es fundamental la capacitación, tanto a operadores como a propietarios, en los temas de instrumentos de fomento, su aplicación y las técnicas de establecimiento y cuidados posteriores.

## **REFERENCIAS**

**Bru y Basagoiti, s/f.** La Investigación-Acción Participativa como Metodología de Mediación e Integración Socio-Comunitaria.

**Sodeik, E., 1998.** El Diseño de Estrategias Participativas para Proyectos Forestales en África Occidental: Dos Estudios de Caso en Benin. Red Forestal para el Desarrollo Rural. Documento de la Red 24e, 9p.



## 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](mailto:vvargas@infor.cl)

---

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

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

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

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

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

En texto: (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 **m<sup>3</sup>**, 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
-----------	---------

RESULTADOS PRELIMINARES SOBRE LA VARIACION EN VULNERABILIDAD A LA CAVITACIÓN POR SEQUÍA EN CLONES DE <i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maid. <b>Tesón, Natalia; Fernández, María Elena y Licata, Julián. Argentina</b>	7
--	---

RESIDUOS FORESTALES PRODUCIDOS POR EL MANEJO DEL REBROTE EN PLANTACIONES DE <i>Eucalyptus dunnii</i> . <b>Rebottaro, Silvia; Cabrelli, Daniel y Sparnochia, Lucía. Argentina</b>	17
--	----

ESTUDIO DEL PERFIL DE HUMEDAD EN MADERA DE <i>Eucalyptus nitens</i> CON EL AUXILIO DEL MICROTOMO ROTATORIO DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL. <b>Rozas, Carlos ; Cofre, Jordana y Muñoz, Freddy. Chile</b>	27
---	----

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

ESTABLECIMIENTO DE PRADERAS PERMANENTES EN SISTEMAS SILVOPASTORALES LOCALIZADOS EN EL SECANO CENTRO-SUR DE CHILE. <b>Fernández, Fernando, Ruiz, Carlos, Ovalle, Carlos y Squella Fernando. Chile</b>	37
--	----

CONSIDERACIONES GENÉTICAS PARA LA RESTAURACIÓN ECOLOGICA. <b>Ipinza, Roberto y Gutiérrez, Braulio. Chile</b>	51
--	----

ESTRATEGIA PARTICIPATIVA PARA IMPLEMENTACION DE SISTEMAS AGROFORESTALES EN PEQUEÑAS PROPIEDADES, REGION DE LOS RIOS. <b>Jofré, P.; Barrales, L. y Hernández B. Chile</b>	73
--	----

REGLAMENTO DE PUBLICACIÓN	80
---------------------------	----

