

Volumen 16 N° 3
Diciembre 2010

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

CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL



INSTITUTO FORESTAL
CHILE



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

VOLUMEN 16 Nº 3

**CIENCIA E
INVESTIGACIÓN
FORESTAL**

DICIEMBRE 2010

RELACIONES INTERNACIONALES Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA INFOR

**INSTITUTO FORESTAL
CHILE**

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

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

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 y 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.

COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES DASOMÉTRICAS EN PLANTACIONES DE *Pinus contorta* Dougl. Ex Loud., BAJO MANEJO SILVOPASTORAL Y FORESTAL EN LA REGIÓN DE AYSÉN, CHILE

Sotomayor Alvaro¹, Moya Ivan¹, Acuña Bernardo¹

RESUMEN

Los suelos agrícolas productivos de la región de Aysén, constituidos por 746.807 ha, son destinados preferentemente a la producción ganadera, con un 88,7% de éstos bajo este uso. Sólo 43.271 ha son destinadas a plantaciones forestales, principalmente con *Pinus ponderosa*, *Pinus contorta* y *Pseudotsuga menziesii*.

El presente estudio entrega resultados del comportamiento de la especie *Pinus contorta*, manejada bajo dos esquemas silvopastorales, tradicional y en fajas, con 357 y 400 arb * ha⁻¹, respectivamente, en relación a un sistema de plantación con manejo forestal con 800 arb ha⁻¹, todos podados al 40% de la altura total,

Los resultados obtenidos arrojan que los árboles ordenados bajo ordenamiento silvopastoral tuvieron un mejor desarrollo en diámetro a la altura del pecho (DAP), una menor área basal (AB), y una menor cobertura de copa por unidad de superficie, en relación al sistema forestal. A su vez, hubo diferencias significativas en altura media total entre el tratamiento silvopastoral tradicional y el forestal, y no existieron diferencias en relación al cociente de forma y al diámetro de ramas.

No se presentaron daños por efecto del viento, ni por efecto del pastoreo, en los tratamientos silvopastorales.

Palabras clave: Sistemas silvopastorales, Patagonia, *Pinus contorta*

SUMMARY

Productive agricultural soils of the Aysen Region, consisting of 746,807 ha, are dedicated primarily to livestock production, with 88.7% of them for this use in relation to agricultural land use. Only 43,271 ha are forest plantations, mainly *Pinus ponderosa*, *Pinus contorta* and *Pseudotsuga menziesii*.

This study provides results of the behavior of the species *Pinus contorta*, managed under two silvopastoral schemes, traditional and in strips, with 357 and 400 trees ha⁻¹, respectively, in relation to forest management system with 800 trees * ha⁻¹, all pruned to 40% of the total height.

The results shows that trees ordered under silvopastoral system had a better development

¹ Instituto Forestal (INFOR) asotomay@infor.cl

in DAP, lower basal area (AB) and canopy cover per hectare, compared to the forest system. In turn, significant differences in average height between traditional silvopastoral treatment and forest, and there were no differences regarding the local form quotient and diameter of branches.

There were no effects of wind and by grazing in the evaluated silvopastoral treatments.

Key words: Silvopastoral systems, Patagonia, *Pinus contorta*

INTRODUCCIÓN

El principal uso de los suelos agrícolas de la región de Aysén son las praderas naturales, destinadas al uso ganadero extensivo, con un 88,7% de la superficie agrícola utilizada, de las cuales el 56,5% pertenece a grandes propietarios (INE, 1997). El otro gran uso es el forestal, donde la región de Aysén posee la mayor superficie nacional de bosque nativo en Chile, con 4,8 millones de hectáreas; esto se contrasta con las menores superficies de plantaciones del país, con solo 43 mil hectáreas (INFOR, 2008).

Las bajas tasas de forestación, 3 mil ha anuales en los últimos 5 años, se deben a la poca aceptación de los ganaderos por actividades de forestación tradicional, ya que usualmente éstos la perciben como una competencia con sus usos productivos agrícolas tradicionales. Esta visión de los productores ganaderos, es similar a lo que ocurre en otras regiones del mundo (Arnold, 1983). El cambio de percepción y actitud de los productores ganaderos de ésta región, frente a la reintroducción de árboles en su sistema productivo en una forma complementaria a la ganadería, es un proceso lento, dado que el manejo de los recursos agrícolas y de suelos está firmemente arraigado en el sistema cultural y productivo de los agricultores (Arnold, 1983; Longhurst, 1983; Sotomayor, 1989)

El uso de sistemas silvopastorales, es una práctica que se ha estado estudiando en los últimos años por el Instituto Forestal (INFOR) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), para reintroducir el árbol en los campos en una forma amigable con los sistemas productivos ganaderos y con la cultura productiva de los agricultores y ganaderos de Aysén. De esta forma, se espera entregar una nueva forma de manejo productivo de los suelos, para mejorar la productividad de éstos, reducir su nivel de erosión, y protegerlos del factor erosivo más importante en esa región, que es el viento (Teuber y Ganderatz, 2009).

Los sistemas silvopastorales son una forma de aplicación de los sistemas agroforestales, y se definen como aquella práctica agroforestal que combina árboles, con praderas y producción de ganado en un mismo sitio, en forma deliberada, con el objetivo de producir alimento para los animales, productos derivados del ganado, y productos forestales como madera y pulpa, y otros como leña, carbón, miel, frutos y hongos (Sotomayor, 1990a).

En este tipo de sistemas integrados de producción, los árboles pueden producir madera aserrable, postes, leña, forraje para el ganado y frutas, a la vez que ayudan a mejorar la producción de pasto y ganado, reduciendo la influencia de los vientos y otorgando sombra (Sotomayor, 1990a; Murgeitio, 2009). Los árboles pueden proveer madera, como elemento económico y ayudar a controlar los procesos de erosión (Sotomayor 2009). A su vez, el ganado

provee un ingreso anual, controla el desarrollo de las malezas y reduce la competencia entre forraje y árboles (Sotomayor, 2009; Murgeitio, 2009).

En un sentido económico, la integración que logra el manejo silvopastoral, permite la producción de madera de alta calidad, cuando es manejado correctamente, generando ingresos de mediano y largo plazo, a la vez que provee un ingreso de corto plazo, proveniente de las operaciones ganaderas y de raleos intermedios. Estos ingresos permiten, a su vez, financiar los costos asociados al manejo forestal, como son principalmente raleo y poda, y el manejo de los desechos (Sotomayor, 1989; Sotomayor, 1990a).

Sin embargo, el manejo del sistema silvopastoral es más complejo que un sistema productivo monoespecífico, pues en él se produce la interacción entre los componentes herbáceos, arbóreos (y/o arbustivos) y animal (Garret y Buck, 1997; Garret *et al.*, 2004; Sotomayor, 2009; Mead, 2009). En este sentido, los manejos asociados deben estar orientados a minimizar la competencia entre las estratas arbóreas y herbáceas, así como el daño potencial que puede provocar la presencia de animales en las plantaciones forestales (Lewis, 1973).

En términos generales, el mayor conflicto entre las estratas arbórea y herbácea dice relación con la competencia por agua y nutrientes, especialmente en el establecimiento de las plantaciones forestales, y la competencia por luz directa (Anderson *et al.*, 1988), la que aumenta proporcionalmente con el desarrollo de los árboles y el cierre del dosel (Mead, 2009). Por otro lado, el efecto de los animales se relaciona directamente con el ramoneo y pisoteo de las plantas, situación que es especialmente sensible durante los primeros años de vida de la planta (Monfore, 1983; Sotomayor, 1990c).

Si bien, se han reportado diversos beneficios de la integración de estos componentes productivos, también existen estudios que informan una menor producción total de la cubierta arbórea en densidades silvopastorales (Sotomayor 1990a; Sotomayor y Cabrera 2008), pero árboles de mayor tamaño y valor (Sotomayor y Cabrera, 2008). Otro aspecto a considerar en sistemas silvopastorales es el manejo animal, para evitar daños por ramoneo y pisoteo al establecimiento de las plantas y durante su rotación, dado que puede afectar el éxito del proyecto (Tustin *et al.*, 1979; Doesher *et al.*, 1987; Krueger, 1987).

OBJETIVO

El objetivo es analizar el comportamiento de las variables dasométricas en plantaciones de *Pinus contorta*, bajo manejo forestal y silvopastoral.

MATERIAL Y METODO

Los tratamientos instalados para caracterizar los parámetros forestales se describen en el Cuadro N° 1. La plantación original de *Pinus contorta* fue establecida el año 1991, y no había sido manejada hasta el momento del establecimiento de los ensayos en evaluación.

Cuadro N° 1
TRATAMIENTOS EVALUADOS, FORESTAL MANEJADO Y SILVOPASTORALES

N°	Nombre y descripción tratamiento	Densidad (arb ha-1)			Altura de poda 2004 (m)		DSM (cm) ****
		Inicial	2004*	Final**	2004*	Final ***	
T1	Sistema Forestal Manejado, sin mejoramiento de la pradera mediante fertilización.	1.514	816	400	1,97	6,0	20,0
T2	Sistema Silvopastoral Tradicional, con pradera natural mejorada con fertilización.	1.514	357	200-250	2,01	6,0	20,0
T3	Sistema Silvopastoral en Fajas, con pradera natural mejorada con fertilización.	1.514	400	200-250	2,09	6,0	20,0

DSM: diámetro objetivo sobre verticilo podado, en la oportunidad correspondiente.

*: Densidad y poda real lograda después de intervención año 2004

** : Densidad final proyectada a la rotación de 35-40 años.

***: Poda final proyectada a la rotación de 35-40 años.

**** Diámetro sobre muñón podado proyectado

Para el análisis del comportamiento de las variables dasométricas con respecto a la densidad y manejo, se midieron y calcularon los parámetros forestales en marzo del año 2004, para obtener la línea base de comparación, y luego medidos cada año, entre marzo-abril de los años 2005 a 2008.

Parámetros Forestales Evaluados

- DAP (diámetro altura del pecho): Diámetro del fuste a una altura de 1,3 m, medido en todos los árboles de la parcela.
- DSM (diámetro sobre muñón podado): Consiste en el diámetro medido sobre el último verticilo superior de la sección podada, medido en todos los árboles de la parcela.
- AB (área basal media): Área basal media, en base a todos los árboles de la parcela.
- H media total (altura media total del árbol): Altura media total de todos los árboles de la parcela, la cual fue medida con una vara graduada.
- H poda (altura de poda): Altura de poda al primer verticilo no podado, medida con una vara graduada, en todos los árboles de la parcela.
- Cociente de forma local (CFL): El CFL se evaluó en la temporada 2008-2009. Para ello se diseñó un cociente de forma local, dado que otros factores de forma consideran mediciones en altura a los 5,27 m (Cociente de Forma de Girard), lo cual no fue conveniente por la baja altura al momento del inicio del estudio. Para ello se midió el diámetro a 3,20 m de la altura del árbol (Nota: largo de trozas usadas para madera de especies de coníferas en aserraderos locales) y el DAP, sobre los 100 árboles de mayor altura por hectárea de cada tratamiento, equivalente parcela, y se calculó el cociente de forma local (CFL) utilizando

la siguiente fórmula:

$$CFL = D_{3,2m} (\text{diámetro a 3,20 m árbol}) / DAP (\text{diámetro a 1,3 m})$$

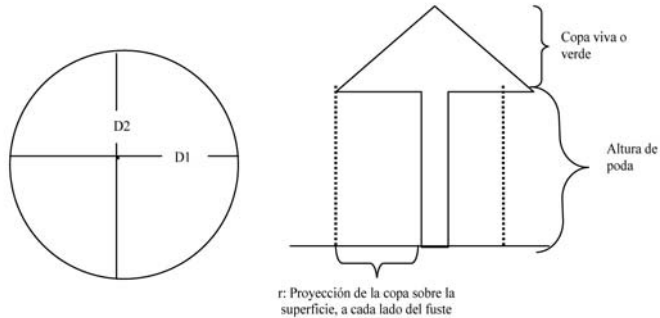
(Formula 1. Cociente de forma local)

- Diámetro Ramas: Se midió el diámetro de ramas del primer verticilo no podado. En este se midió el diámetro de las tres ramas de mayor diámetro del verticilo, en 8 árboles al azar de cada parcela. Se calculó el promedio de estas ramas podadas, y se compara entre tratamientos.
- Cobertura de copa: La cobertura de la copa fue calculada en base al siguiente procedimiento (Figura N° 1):
 - Diámetro de copa orientación norte-sur (D1): Se midió el diámetro total de la copa entre los extremos de las ramas verdes norte-sur, proyectado sobre la superficie del suelo, en todos los arboles de la parcela.
 - Diámetro de copa orientación este-oeste (D2): Se midió el diámetro total de la copa entre los extremos de las ramas verdes este-oeste, proyectado sobre la superficie del suelo, en todos los arboles.
 - Calculo: Con estas medidas se calculó el diámetro medio, y con este se calcula el área de una circunferencia, y la superficie en porcentaje que queda bajo la proyección de las copas de los árboles, de la siguiente forma, y que da origen a la formula 2 de cobertura de copa.
 - Diámetro medio de ancho de copa: $d = (D1 + D2)$
 - Área de Cobertura bajo copa: $Acopa = \pi (d/2)^2$

$$C_{copa} (\%) = (N/ha * Acopa) / 10000 * 100$$

(Formula 2. Calculo cobertura de copa)

Figura N°1
DESCRIPCIÓN MEDICIÓN COBERTURA DE COPA (Ccopa%).



- Otras variables: Además, se evaluaron los siguientes aspectos que son de interés para el manejo del sistema silvopastoral:

- Daños por pastoreo: en la parcelas de medición se midió el daño de los animales sobre los árboles, con los siguientes criterios:

Daño en la corteza por fricción o por efecto de cuernos: N° de árboles dañados.

Daño por inclinación de los árboles por fricción o tránsito: N° de árboles dañados.

Ramoneo en las ramas bajas: N° de árboles ramoneados.

Otros daños encontrados.

Evaluación (% de árboles dañados): Se evalúa el daño total por efecto de los animales.

Daño por viento: se contabilizará los árboles inclinados o volteados por efecto viento.

Cobertura de desechos (%): se contabilizó la superficie cubierta de desechos provenientes de la poda y raleo sobre la pradera.

Diseño Experimental

Para la evaluación de los parámetros forestales en los tratamientos con presencia de árboles de la especie *Pinus contorta*, se utilizó un diseño de parcelas permanentes distribuidas al azar, con medidas repetidas en el tiempo, de la siguiente forma:

T1: Forestal Manejado: Se utilizaron 3 parcelas rectangulares de 200 m², distribuidas al azar dentro del área del tratamiento, que es de 5.000 m².

T2: Silvopastoral Tradicional: Se utilizaron 3 parcelas rectangulares de 1.008 m² (24x42 m), distribuidas al azar dentro de las 5,3 ha del tratamiento, con orientación este-oeste.

T3: Silvopastoral en Fajas. Tres parcelas rectangulares, de 1.008 m² (24 x 42 m), distribuidas al azar dentro de las 5,5 ha del tratamiento. Las parcelas en este caso están orientadas en el sentido de la pendiente, este-oeste, de forma que puedan incluir en estas dos fajas de árboles, y un área completa de pradera entre estas fajas.

Evaluación Estadística de los Resultados

Para realizar los análisis estadísticos, se decidió trabajar con Modelos Estadísticos Lineales Mixtos, para atender la falta de alguno(s) de los supuestos clásicos que requiere un análisis de varianza tradicional, y que son:

Los datos deben presentar una distribución normal

Independencia de los datos

Heterogeneidad de varianza.

Para el análisis de las variables forestales se realizó un análisis de mediciones repetidas en el tiempo, o también conocido como análisis longitudinal. Estas mediciones repetidas son dependientes, lo que origina el no cumplimiento de la independencia de datos (las mediciones del año 2 dependen de las mediciones del año 1 y así sucesivamente), dado lo cual se hace necesario utilizar modelos mixtos para su evaluación. Esta metodología de análisis se utiliza para todos los parámetros forestales.

Por ello se consideró, para cada individuo y parámetro, mediciones consecutivas en el tiempo, dependiendo de los años de evaluaciones.

Este análisis permite identificar tanto el efecto medio del tratamiento como el efecto del tiempo y la interacción tiempo por tratamiento, que corresponden a las tres hipótesis evaluadas, y que por lo tanto generan tres valores p.

El modelo de análisis estadístico utilizado para analizar las variables forestales, praterales y animales, corresponde a modelo expuesto en fórmula 3.

$$Y = \mu + T + t + (T * t) + P + E$$

(Formula 3. Modelo de análisis estadístico)

Donde:

Y = Modelo
 μ = Constante
 T = Tratamiento
 t = Tiempo
 P = Parcela
 E = Error

RESULTADOS

Diámetro Altura del Pecho (DAP)

En el Cuadro N° 2 y en la Figura N° 2, se muestra la evolución del DAP entre los años 2004 y 2008.

Cuadro N° 2
DESARROLLO DEL DAP *Pinus contorta* AÑOS 2004 A 2008

Tratamiento	DAP (cm)					Incremento 2004-2008 (%)
	2004	2005	2006	2007	2008	
T1 Forestal Manejado	12,7	13,6	14,8	16,0	16,9	33,1
T2 Silvopastoral Tradicional	12,9	14,2	16,0	17,8	19,1	48,1
T3 Silvopastoral en Fajas	13,0	14,1	15,6	17,1	18,0	38,5

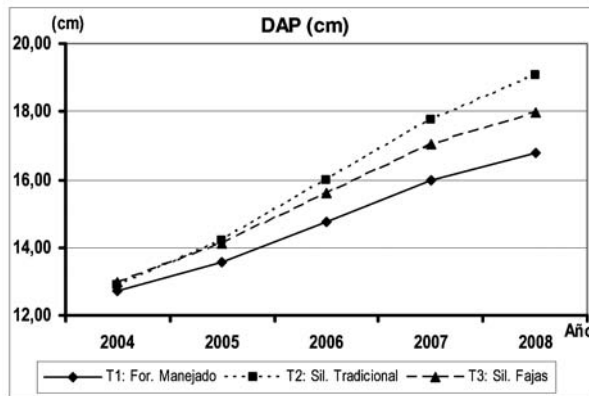


Figura N° 2
EVOLUCIÓN DEL DAP *Pinus contorta* AÑOS 2004 A 2008

Al comenzar el estudio el año 2004, los tres tratamientos tenían un DAP similar y cercano a los 13 cm, lo cual fue variando en el transcurso de los años. Es así que al año 2008,

el tratamiento de mayor diámetro es el T2, silvopastoral tradicional, superando en 1,1 cm al tratamiento en fajas y en 2,28 cm al tratamiento forestal manejado.

Lo anterior se debe fundamentalmente al efecto de la densidad (arb ha^{-1}) y a la distribución de los árboles en la superficie. Es así, que en el tratamiento T2 los árboles tienen un mejor desarrollo ya que han tenido un mayor espacio para su crecimiento, en relación a los otros dos tratamientos. Estos están distribuidos uniformemente en la superficie, con un distanciamiento promedio de 5,3 m entre ellos contra 3,5 m en forestal y 2,2 m en el área interior de la faja en dicho tratamiento silvopastoral.

Si bien el tratamiento silvopastoral en fajas tiene una densidad similar que el tradicional, 400 y 357 arb ha^{-1} , respectivamente, en el primer tratamiento los árboles se concentran en una faja de terreno de menor área. Esta área de la faja tiene un ancho promedio de 6 m con un distanciamiento entre árboles en el sector interno de 2,2 m entre ellos y, entre los árboles exteriores entre las fajas, el distanciamiento es de 21,0 m. La situación anterior genera una mayor competencia entre los árboles, tanto aérea como radicular, y como resultado existe un menor desarrollo y una alta variabilidad entre los árboles exteriores e interiores. El menor DAP en el sistema forestal tiene su explicación en la mayor densidad de este (816 arb ha^{-1}) respecto a los sistemas silvopastorales.

Para el análisis estadístico del DAP, se probaron cuatro modelos que ajustan varianzas heterogéneas:

- Autoregresivo Heterogeneo (HA)
- Autoregresivo de Orden 1 (AR1)
- De Simetría Compuesta (CS)
- De Simetría Compuesta Heterocedástica (CSH).

Los cuatro modelos alcanzaron los criterios de convergencia requeridos por SAS. El Test de Levene indicó que hay homogeneidad de varianzas para el DAP en todos los años evaluados.

Para seleccionar el mejor modelo para esta variable, se utilizó el criterio de información de Akaike ($\text{Indice AIC} = -2\log(\text{MV}) + 2n(p+q+1)/(n-(p+q)-2)$), donde MV: máxima verosimilitud, q: número de parámetros de la estructura de covarianza, p: rango de la matriz de diseño x, y n: número de observaciones. En este criterio, a menor valor, mejor será el ajuste (Carrero et al. 2008). Este procedimiento fue aplicado a todas las variables forestales. De acuerdo al índice AIC, el mejor modelo corresponde al Modelo CSH, por presentar el menor valor AIC, dado lo cual fue el utilizado para este estudio.

Se considera que para medidas repetidas en el tiempo y trabajos de campo, un $\alpha \leq 0,05$ representa diferencias significativas. En el Cuadro N° 3 se observa que el efecto tiempo y tratamiento*tiempo son significativos, y tratamiento y parcela no son significativos para la variable DAP. De acuerdo a estos resultados, se analiza el efecto tratamiento*tiempo.

**Cuadro N° 3
RESULTADOS DEL MODELO CSH PARA DAP**

Efecto	GL	DF	Valor F	Pr > F
Tratamiento	2	4	2,04	0,2447
Tiempo	4	1368	252,79	<,0001
Parcela	2	4	0,11	0,8997
Tratamiento*Tiempo	12	1368	101,88	0,0017

De acuerdo a los resultados expuestos en Cuadro N° 4 y Figura N° 2, se presentan diferencias significativas entre los tratamientos en el tiempo para DAP.

En la Figura N° 2 se observa que en el transcurso de los años, las curvas de crecimiento del DAP entre tratamientos se separan a partir del segundo año de medición. Entre el tratamiento silvopastoral tradicional y el forestal, se presentan diferencias significativas a partir del año 2007 hasta el año 2008 (Cuadro N° 4), y entre el tratamiento silvopastoral en fajas y el forestal, no se presentaron diferencias, aunque el último año ya se comienzan a observar diferencias, aunque no significativas.

Durante todo el tiempo de evaluación, no se presentaron diferencias entre los dos tratamientos silvopastorales, aunque se observa también la tendencia, a medida que aumenta la edad, de obtener mayores diferencias en DAP en los tratamientos silvopastorales con respecto a tratamiento forestal, producto de la menor densidad.

**Cuadro N° 4
COMPARACIONES PARA TRATAMIENTO*TIEMPO PARA DAP**

Tratamiento	Tratamiento	Año	Pr > t
T2: Sil. Tradicional	T3: Sil. Fajas	2004	0,9011
T2: Sil. Tradicional	T1: M. Forestal	2004	0,5923
T3: Sil. Fajas	T1: M. Forestal	2004	0,5139
T2: Sil. Tradicional	T3: Sil. Fajas	2005	0,9841
T2: Sil. Tradicional	T1: M. Forestal	2005	0,3179
T3: Sil. Fajas	T1: M. Forestal	2005	0,3234
T2: Sil. Tradicional	T3: Sil. Fajas	2006	0,5981
T2: Sil. Tradicional	T1: M. Forestal	2006	0,0776
T3: Sil. Fajas	T1: M. Forestal	2006	0,2028
T2: Sil. Tradicional	T3: Sil. Fajas	2007	0,3652
T2: Sil. Tradicional	T1: M. Forestal	2007	0,0164
T3: Sil. Fajas	T1: M. Forestal	2007	0,1313
T2: Sil. Tradicional	T3: Sil. Fajas	2008	0,1298
T2: Sil. Tradicional	T1: M. Forestal	2008	0,0011
T3: Sil. Fajas	T1: M. Forestal	2008	0,0756

-Área Basal

Para el caso del AB, como indicador de ocupación del sitio, se obtuvieron los siguientes resultados (Cuadro N° 5).

Cuadro N° 5
DESARROLLO DEL AB ENTRE LOS AÑOS 2004 A 2008

Tratamiento	AB (m ² ha ⁻¹)					Incremento 2004-2008 (%)
	2004	2005	2006	2007	2008	
T1: For. Manejado	10,6	12,0	14,2	16,6	18,3	72,6
T2: Sil. Tradicional	4,8	5,8	7,3	9,1	10,3	114,6
T3: Sil. Fajas	5,4	6,4	8,3	9,9	11,0	103,7

El AB, influenciada fuertemente por la densidad y luego por el DAP, indica que el tratamiento T1 obtiene una mayor AB con 18,3 m² ha⁻¹, producto de sus 816 árboles. Este valor (año 2008) es superior en un 70% a los sistemas silvopastorales, que obtienen un AB entre 10,3 y 11 m² ha⁻¹, influenciados por una densidad menor, entre 357 a 400 arb ha⁻¹.

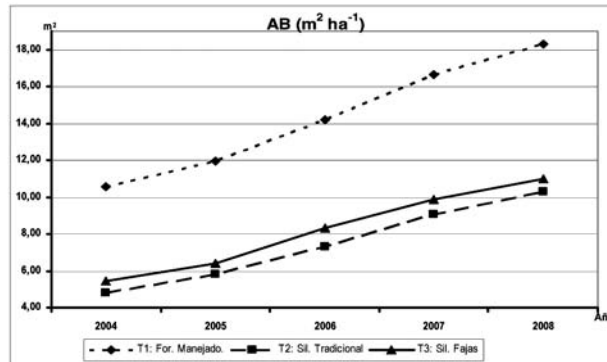


Figura N° 3
EVOLUCIÓN DEL AB AÑOS 2004 A 2008

Para analizar este parámetro, se probaron los mismos cuatro modelos que ajustan varianzas heterogéneas empleados para el análisis del DAP. Los cuatro modelos alcanzaron los criterios de convergencia requeridos por SAS.

El Test de Levene indicó que hay homogeneidad de varianzas para el AB en todos los años evaluados. Los resultados indican que el mejor modelo corresponde al Modelo UN, que presenta los menores valores AIC.

Cuadro N° 6
RESULTADOS DEL MODELO UN PARA AB

Efecto	GL	DF	Valor F	Pr > F
Tratamiento	2	4	28,01	0,0044
Tiempo	4	24	428,45	<,0001
Parcela	2	4	0,70	0,5470
Tratamiento*Tiempo	8	24	6,06	0,0003

Los efectos tratamiento, tiempo, y tratamiento*tiempo (Cuadro N° 6) son significativos para la variable AB, y sólo el efecto parcela no es significativo.

En relación a la interacción tratamiento*tiempo, tal como se expone en el Cuadro N° 7, durante todos los años de evaluación existen diferencias significativas entre el tratamiento forestal en relación a los tratamientos silvopastorales, producto del mayor número de árboles por unidad de superficie presente en ese tratamiento.

También se determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos silvopastorales. No obstante, el tratamiento T3 presenta AB mayores que T2 a través del tiempo (Figura N° 4).

Cuadro N° 7
COMPARACIONES ENTRE TRATAMIENTO*TIEMPO PARA AB

Tratamiento	Tratamiento	Año	Pr > t
T1: M. Forestal	T2: Sil. Tradicional	2004	<,001
T1: M. Forestal	T3: Sil. Fajas	2004	<,001
T2: Sil. Tradicional	T3: Sil. Fajas	2004	0,5438
T1: M. Forestal	T2: Sil. Tradicional	2005	<,001
T1: M. Forestal	T3: Sil. Fajas	2005	<,001
T2: Sil. Tradicional	T3: Sil. Fajas	2005	0,5775
T1: M. Forestal	T2: Sil. Tradicional	2006	<,001
T1: M. Forestal	T3: Sil. Fajas	2006	<,001
T2: Sil. Tradicional	T3: Sil. Fajas	2006	0,3511
T1: M. Forestal	T2: Sil. Tradicional	2007	<,001
T1: M. Forestal	T3: Sil. Fajas	2007	<,001
T2: Sil. Tradicional	T3: Sil. Fajas	2007	0,4475
T1: M. Forestal	T2: Sil. Tradicional	2008	<,001
T1: M. Forestal	T3: Sil. Fajas	2008	<,001
T2: Sil. Tradicional	T3: Sil. Fajas	2008	0,4993

-Altura Total Media

La altura total media se midió sobre el total de los árboles de cada parcela permanente, y sus resultados se presentan en el Cuadro N° 8.

Cuadro N° 8
ALTURA MEDIA TOTAL ENTRE LOS AÑOS 2004 A 2008

Tratamiento	Altura (m)					Incremento 2004-2008 (%)
	2004	2005	2006	2007	2008	
T1: For. Manejado	5,3	5,7	6,1	6,6	7,0	32,1
T2: Silvop. Tradicional	6,0	6,4	6,8	7,2	7,6	26,7
T3: Silvop. Fajas	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5	33,9

Como se observa en el Cuadro N° 8 y Figura N°4, las mayores alturas se presentan en tratamiento tradicional y las menores en el forestal, con una situación intermedia para fajas.

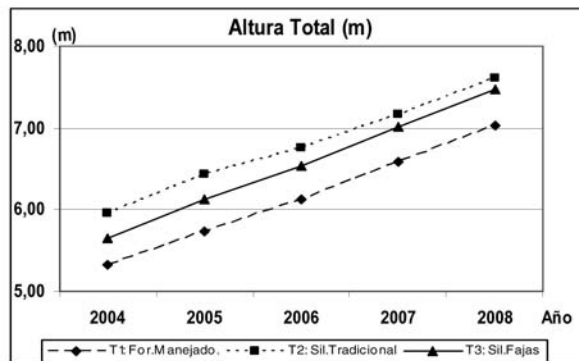


Figura N° 4
EVOLUCIÓN DE LA ALTURA MEDIA TOTAL AÑOS 2004 A 2008

Se probaron tres modelos que ajustan varianzas heterogéneas:

Autoregresivo de orden 1 (AR1)

De Simetría Compuesta (CS)

De Simetría compuesta heterocedástica (CSH).

Los tres modelos alcanzaron los criterios de convergencia requeridos por SAS. El Test de Levene indicó que hay homogeneidad de varianzas para H en todos los años evaluados. el mejor modelo corresponde al Modelo CSH, que presenta los menores valores AIC.

**Cuadro N° 9
RESULTADOS DEL MODELO CSH PARA H**

Efecto	GL	DF	Valor F	Pr > F
Tratamiento	2	4	8,28	0,0378
Tiempo	4	1368	280,87	<,0001
Parcela	2	4	0,97	0,4548
Tratamiento*Tiempo	8	8	0,31	0,9612

En el Cuadro N° 9, se observa que el efecto tratamiento y tiempo son significativos para la variable H, y el efecto parcela y tratamiento*tiempo no son significativos.

**Cuadro N° 10
COMPARACIONES ENTRE TRATAMIENTOS PARA H**

Tratamiento	Tratamiento	Estimador	Error Estándar	GL	Valor t	Pr > t
T3: Sil. Fajas	T1: M.Forestal	0,4161	0,1578	4	2,64	0,0578
T3: Sil. Fajas	T2: Sil.Tradicional	-0,2201	0,1547	4	-1,42	0,2278
T1: M.Forestal	T2: Sil.Tradicional	-0,6362	0,1583	4	-4,02	0,0159

Según los datos expuestos en el Cuadro N° 10 y la Figura N° 4, existen diferencias significativas entre los tratamientos T1 y T2, y no se presentan diferencias entre T3 con T1 y T2 para H.

En relación a la altura, que es un buen índice de calidad del sitio (Hush *et al.*, 1982; Smith, 1986), dado que los ensayos han sido instalados en un sitio similar, se esperaría que no hubiera diferencias entre los tratamientos. Según Hush *et al.* (1982), la densidad afecta levemente la altura de los árboles, y Smith (1986) indica que esta no es afectada por la densidad. En este caso, de acuerdo a los resultados obtenidos al año 2008, no se observa diferencias entre el tratamiento silvopastoral en fajas y los otros dos tratamientos, pero si existen diferencias significativas entre el tratamiento forestal manejado y el silvopastoral tradicional (Cuadro N° 10).

La Figura N° 4 muestra que en el transcurso de todos los años de evaluación, el tratamiento T2 es el que ha presentado los mayores valores para H, lo cual puede deberse a pequeñas variaciones de sitio. Otro factor a considerar, es la mayor selección de los árboles residuales al momento del raleo en el año 2004 para T2, 357 sobre los 1514 arb * ha⁻¹ originales, respecto de los tratamientos en fajas y forestal. En el caso del tratamiento en fajas, al mantener las fajas inalteradas para obtener una densidad similar entre los tratamientos silvopastorales, se conservó árboles de menores dimensiones, especialmente al interior de la faja residual. Lo mismo pasa en el tratamiento forestal respecto al tradicional, al conservar más árboles, 816 contra 1514 arb ha⁻¹, conservándose árboles de menor dimensión para obtener la densidad requerida.

-Cobertura de Copa

La evolución del desarrollo de la cobertura de copa de los tratamientos, de acuerdo a lo expuesto en Cuadro N° 11 y Figura N° 5, indica un alto cubrimiento de la superficie por la biomasa aérea en el tratamiento forestal, con un 60,24% bajo la influencia de la copa al año 2008, y de sólo entre 30-32% en el caso de los tratamientos silvopastorales.

Cuadro N° 11
COBERTURA DE COPA ENTRE LOS AÑOS 2004 A 2008

Tratamiento	Cobertura de Copa (%)				Incremento 2004-2008 (%)
	2004	2006	2007	2008	
T1: For. Manejado	26,9	36,0	55,1	60,2	123,0
T2: Sil. Tradicional	14,5	21,7	31,1	32,2	121,0
T3: Sil. Fajas	24,2	27,1	28,9	30,7	26,8

La evolución del desarrollo de la copa en los tratamientos T1 y T2 (Figura N° 5) muestra que éstos han incrementado la cobertura de copa entre los años 2004 y 2008 sobre un 120%, contra sólo un 26,8% en el silvopastoral en fajas. El menor desarrollo de la copa en este último tratamiento, se debe a la mayor competencia de los árboles, al estar concentrados en una menor superficie en la faja. Lo anterior ha impedido la expansión de las ramas hacia el interior de la faja, y solo se ha generado mayor desarrollo de las ramas externas hacia el área de la pradera, sin árboles.

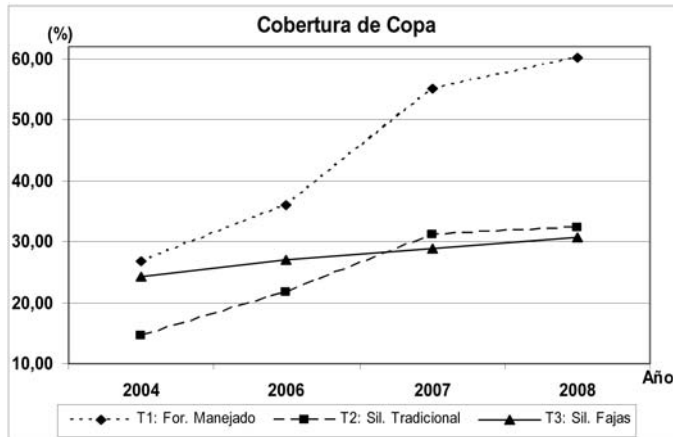


Figura N° 5
EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA DE COPA POR HECTÁREA, AÑOS 2004 A 2008

Por otro lado, el diámetro de copa por árbol evolucionó desde 2,05 a 3,07 m en el tratamiento forestal y de 2,28 a 3,41 m en el tratamiento silvopastoral tradicional (Figura N° 6).

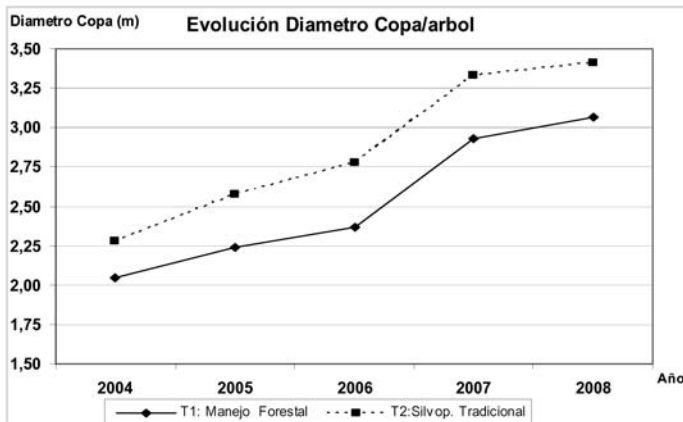


Figura N° 6
EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA DE COPA POR ÁRBOL AÑOS 2004 A 2008

Para analizar este parámetro, se probaron cuatro modelos que ajustan varianzas heterogéneas:

- Autoregresivo de Orden 1 (AR1)
- De Simetría Compuesta (CS)
- De Simetría Compuesta Heterocedástica (CSH)
- No Estructurado (UN)

Los cuatro modelos alcanzaron los criterios de convergencia requeridos por SAS. El Test de Levene indicó que hay homogeneidad de varianzas para C_{copa} en todos los años evaluados. El mejor modelo corresponde al modelo UN, que presentó los menores valores AIC.

Cuadro N° 12
RESULTADOS DEL MODELO UN PARA C_{copa}

Efecto	GL	DF	Valor F	Pr > F
Tratamiento	2	4	28,48	0,0043
Tiempo	3	18	454,87	<0,0001
Parcela	3	4	0,03	0,9739
Tratamiento*Tiempo	6	18	83,11	<0,0001

En el Cuadro N° 12 se observa que el efecto tratamiento, tiempo y tratamiento*tiempo son significativos para la variable Ccopa, y el efecto parcela no es significativo.

Cuadro N° 13
COMPARACIONES ENTRE TRATAMIENTOS PARA Ccopa

Tratamiento	Tratamiento	Estimador	Error Estándar	GL	Valor t	Pr > t
T1: M.Forestal	T3: Sil. Fajas	16,8542	2,8167	4	5,98	0,0039
T1: M.Forestal	T2: Sil.Tradicional	19,6475	2,8167	4	6,98	0,0022
T3: Sil. Fajas	T2: Sil.Tradicional	2,7933	2,8167	4	0,99	0,3775

Los antecedentes expuestos en el Cuadro N° 13 y Figura N° 5 indican que existen diferencias significativas entre el tratamiento T1 respecto a los dos tratamientos silvopastorales T2 y T3 para Ccopa, y no se presentan diferencias entre T2 y T3.

Cuadro N° 14
COMPARACIONES ENTRE TRATAMIENTO*TIEMPO PARA Ccopa

Tratamiento	Tratamiento	Año	Pr > t
T1: M. Forestal	T2: Sil. Tradicional	2004	0,0006
T1: M. Forestal	T3: Sil. Fajas	2004	0,3697
T2: Sil. Tradicional	T3: Sil. Fajas	2004	0,0043
T1: M. Forestal	T2: Sil. Tradicional	2006	0,0001
T1: M. Forestal	T3: Sil. Fajas	2006	0,0077
T2: Sil. Tradicional	T3: Sil. Fajas	2006	0,0864
T1: M. Forestal	T2: Sil. Tradicional	2007	<0,0001
T1: M. Forestal	T3: Sil. Fajas	2007	<0,0001
T2: Sil. Tradicional	T3: Sil. Fajas	2007	0,4481
T1: M. Forestal	T2: Sil. Tradicional	2008	<0,0001
T1: M. Forestal	T3: Sil. Fajas	2008	<0,0001
T2: Sil. Tradicional	T3: Sil. Fajas	2008	0,6084

La evolución de la cobertura de copa en el tiempo (Cuadro N° 14) indica que desde el inicio existieron diferencias significativas entre el tratamiento forestal y el silvopastoral tradicional, y sin diferencias en el primer año con el tratamiento en fajas. A partir del segundo año, las diferencias se manifestaron en relación a los dos tratamientos silvopastorales en relación al tratamiento forestal, lo cual se ha mantenido hasta el último año de medición. No han existido diferencias entre los tratamientos silvopastorales, salvo el primer año. El tratamiento silvopastoral tradicional, producto de un agresivo raleo el año 2003, registró una cobertura de copa bastante menor al de fajas (14,5 contra 24,1%), situación que se revirtió rápidamente

(Figura N° 5) dado el mayor espacio que tenían los árboles en T2 para expandir sus copas. Luego, al llegar a la tercera y cuarta temporada, estos valores se estabilizaron en alrededor de 32% de Ccopa, valor similar a tratamiento T3.

-Cociente de Forma Local

El cociente de forma local fue calculado en base a las mediciones de DAP y $D_{3,2m}$, realizadas durante el verano 2008-2009. Los resultados expuestos en Cuadro N° 15 indican que los mayores valores se presentan en T2, con 0,758.

Cuadro N° 15
COCIENTE DE FORMA LOCAL AÑO 2009

Tratamiento	CFL
T1. For.Manejado	0,726
T2. Silv.Tradicional	0,758
T3. Silv.Fajas	0,729

Para realizar el análisis estadístico, se usó un análisis de varianza tradicional, dado que se cumplen los criterios básicos de este tipo de análisis estadístico.

De acuerdo a lo expuesto en Cuadro N° 16, no existen diferencias significativas para cociente de forma local entre los tratamientos silvopastorales y el tratamiento forestal manejado para la temporada analizada.

Cuadro N° 16
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA COCIENTE DE FORMA LOCAL

Tratamiento	Medias	n	p<= 0,05 *
T1. For. Manejado	0,726	3	a
T3. Sil.Fajas	0,729	3	a
T2. Sil.Tradicional	0,758	3	a

*: Letras distintas indican diferencias significativas.

Dado que el diámetro de los árboles está influenciado por la densidad, aunque no existen diferencias significativas, el mayor CFL atribuible al tratamiento silvopastoral tradicional indica que estos árboles son levemente más cilíndricos que en los otros dos tratamientos. Se deberá esperar su evolución en el futuro, para así analizar el efecto de la densidad sobre éste cociente en el tiempo.

-Diámetro de Ramas

El diámetro de ramas fue medido sólo en las dos últimas temporadas de evaluación. Los resultados indican que los mayores valores se presentan en T1 y T3, con 5,1 y 5,0 cm, y 4,5 cm en T2 (Cuadro N° 17).

Cuadro N° 17
DIÁMETRO DE RAMAS AÑOS 2007 Y 2008

Tratamiento	Diámetro de Ramas (cm)		Incremento (%)
	2007	2008	
T1: For. Manejado	4,9	5,1	3,16
T2: Sil. Tradicional	4,3	4,5	2,89
T3: Sil. Fajas	4,8	5,0	5,63

Dado que el diámetro de ramas está influenciado por la densidad y la luz que llega a la copa, se habría esperado que el tratamiento forestal fuera el de menor diámetro, lo cual se obtuvo a la inversa (Figura N°7).

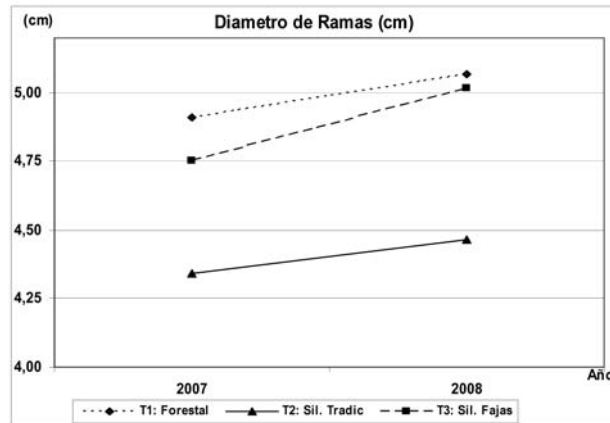


Figura N° 7
EVOLUCIÓN DIÁMETRO DE RAMAS AÑOS 2007 A 2008

Dado que no se realizaron las mediciones iniciales en el año 2004 a 2006, solo se evaluaron las dos últimas temporadas.

Para analizar este parámetro se probaron tres modelos que ajustan varianzas heterogéneas:

Autoregresivo de Orden 1 (AR1)

De Simetría Compuesta (CS)

De Simetría Compuesta Heterocedástica (CSH).

Los tres Modelos alcanzaron los criterios de convergencia requeridos por SAS. El Test de Levene indicó que hay homogeneidad de varianzas para DR en todos los años evaluados.

El mejor modelo corresponde al Modelo CS, que presenta los menores valores AIC.

**Cuadro N° 18
RESULTADOS DEL MODELO CS PARA DR**

Efecto	GL	DF	Valor F	Pr > F
Tratamiento	2	4	0,53	0,6263
Tiempo	1	116	1,40	0,2384
Parcela	2	4	0,11	0,8980
Tratamiento*Tiempo	2	116	0,23	0,7938

En el Cuadro N° 19 se observa la ausencia de diferencias estadísticas significativas para el efecto tratamiento, tiempo, parcela y tratamiento*tiempo para DR.

**Cuadro N° 19
COMPARACIONES ENTRE TRATAMIENTOS PARA DR**

Tratamiento	Tratamiento	Estimador	Error Estándar	GL	Valor t	Pr > t
T3: Sil. Fajas	T1: M.Forestal	-0,3099	0,6659	4	-0,47	0,6658
T3: Sil. Fajas	T2: Sil.Tradicional	0,3765	0,6460	4	0,58	0,5913
T1: M.Forestal	T2: Sil.Tradicional	0,6864	0,6713	4	1,02	0,3643

Como se expone en los Cuadros N° 18 y N° 19, y en la Figura N° 7, no existen diferencias estadísticas significativas entre los tres tratamientos. No obstante, se observa un menor diámetro de ramas para el tratamiento tradicional frente a los otros dos tratamientos.

-Cobertura de Desechos

En los tratamientos con presencia de árboles, se generaron desechos producto de las faenas de poda y raleo realizada el año 2004, los cuales fueron ordenados con diferentes estrategias de acuerdo al tratamiento (Cuadro N° 20). Entre los tratamientos silvopastorales, el tratamiento en fajas contiene una mayor proporción de área cubierta con desechos en relación al tradicional. Lo anterior, dado que el ordenamiento de desechos en el tratamiento en fajas, posterior al manejo del año 2004, se ubicó en la superficie de la faja cubierta con árboles, dejando limpias las áreas de praderas.

Cuadro N° 20
COBERTURA DE DESECHOS FORESTALES EN LOS TRATAMIENTOS

Tratamiento	Cobertura de Desechos Forestales (%)	Tipo de Ordenamiento	Ancho Faja de Desechos (m)
T1. For. Manejado	80,00	Desechos esparcidos uniformemente en el terreno	-
T2. Sil. Tradicional	25,87	Desechos ordenados en fajas cada 20 metros	5,17
T3. Sil. Fajas	31,03	Desechos ordenados bajo la faja de árboles cada 21 m.	6,86

Las fajas de árboles con desechos quedaron a una distancia una de otra de 21 m; en el caso de tratamiento tradicional, las fajas de desechos fueron ordenadas cada 20 m. En el tratamiento forestal, éstos fueron distribuidos homogéneamente.

-Daños en los Árboles

Pastoreo

En general, durante las cuatro temporadas de evaluación, no se produjeron daños importantes producto del tránsito o ramoneo por animales, dado que los árboles al comienzo de la investigación tenían una altura superior a los 5,5 m, y con corteza madura. La poda de 2 m no permitió el ramoneo de las ramas y acículas. Solo se presentaron algunos daños menores en el tratamiento en fajas, menor al 0,5%, en áreas de tránsito entre fajas de árboles por donde los animales se movían de un área de pradera hacia la otra, produciéndose desprendimiento de corteza por fricción producidos por el cuerpo del animal o daño por cuernos.

Viento

No se produjeron daños importantes por efecto del viento, después de abrir el bosque por raleo desde 1.514 a 800 arb * ha⁻¹ en el tratamiento forestal, y a 357-400 arb * ha⁻¹ en los tratamientos silvopastorales. En el tratamiento silvopastoral tradicional se produjo un daño por inclinación de árboles del 2,0% producto del viento, mientras que en los tratamientos en fajas y forestal no fueron observados daños.

DISCUSIÓN

El efecto de un manejo de los árboles con fines silvopastorales, con densidades bajas, tiene un importante efecto sobre el desarrollo de las variables forestales. Por un lado, al disminuir la densidad inicial desde 1.514 a 350-400 árboles, aproximadamente en los diseños silvopastorales, se reduce fuertemente el AB (Figura N° 3), pero se aumenta el incremento en diámetro de los árboles en dichos tratamientos (Figura N° 2), lo cual coincide con lo expuesto por Shepherd y Forrest (1973), Laar (1982), y Sotomayor (1990a). Es decir, se tienen menos árboles, pero con un mayor diámetro, lo cual originará en el futuro árboles de mayores

dimensiones, obteniéndose una mayor productividad en madera aserrada por árbol, y trozos de mayores dimensiones, podados y sin poda, para ser destinados a producción de madera aserrada y tableros. No obstante, se obtendrá una menor producción de volumen total por hectárea (Bennet 1971; Jones 1977; Sotomayor 1980; Sotomayor y Cabrera 2008).

Otro aspecto a considerar, para el manejo futuro de los tratamientos silvopastorales y forestal, es la disminución del ICA del DAP a partir del año 2007 (Figura N° 8), lo cual indica la necesidad de reducir la densidad con raleo, para estimular su crecimiento.

Por otro lado, los tratamientos con una mayor densidad, como es el caso de tratamiento forestal, generan un mayor volumen de madera sólida, razón por lo que estos tratamientos están diseñados para producción de biomasa maderera, con trozos de menores dimensiones. El sistema forestal manejado, obtendrá un interesante volumen de madera libre de defectos de las primeras trozas podadas, y una mayor proporción de madera con usos industriales de baja calidad, en relación a tratamientos silvopastorales, como madera destinada a pulpa, leña o postes, lo cual está de acuerdo a lo expuesto por Bennet (1971), Shepherd y Forrest (1973), y Sotomayor y Cabrera (2008).

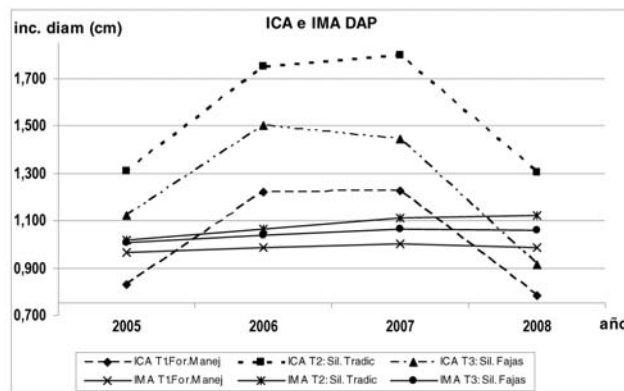


Figura N° 8
ICA E IMA DEL DAP POR TRATAMIENTO

En el futuro, se espera que las diferencias en AB entre los tratamientos estudiados disminuyan, producto del esquema de manejo planificado (con raleos y podas) expuesto en metodología general, y del incremento en diámetro en los tratamientos silvopastorales. Esto originará que las diferencias en volumen total al final de la rotación también disminuirán, con un aumento de los productos podados y de mayor valor en los tratamientos silvopastorales. Lo anterior, originará a su vez que el valor de la madera por árbol proporcionalmente será mayor en los tratamientos silvopastorales que en el tratamiento forestal, lo cual coincide con lo expuesto por Sotomayor y Cabrera (2008).

Un factor que es importante de considerar en un manejo silvopastoral, es el diámetro de ramas. A menor densidad inicial, o producto de raleos tempranos y agresivos, se produce un

fuerte incremento del diámetro de ramas en los sectores no podados (Bennet 1971; Sotomayor 1980), y como consecuencia un aumento del centro nudoso (Bennet 1971; Batíni *et al.* 1983), lo cual puede desclasificar estas trozas para uso de madera aserrada de calidad. Por ello es importante, en tratamientos silvopastorales, el podar lo más tempranamente posible y a alturas apropiadas para obtener trozos libre de nudos, y así reducir la cantidad de desechos. Aunque en este estudio no se obtuvieron diferencias significativas en esta variable, por el corto periodo de evaluación, otros estudios si lo han indicado. Se ha observado que el trozo siguiente al sector podado, presenta un fuerte incremento en el diámetro de ramas (Sotomayor 1980, 1990a), lo cual produce “*coronas*” de ramas de gran tamaño, lo que imposibilita su uso para madera aserrada por una alta presencia de nudos en la madera.

Con respecto a la evolución en el desarrollo de la copa, en el presente trabajo se observó un fuerte incremento en la cobertura de copa por unidad de superficie a medida que la densidad aumenta, lo cual coincide con lo expresado por Lewis *et al.* (1985). El mayor incremento en cobertura de copa se presentó en el tratamiento forestal manejado, tratamiento que cuenta con mayor número de árboles, y luego en el silvopastoral tradicional. En ambos tratamientos, hasta la fecha de evaluación el año 2008, los árboles han tenido suficiente espacio para el desarrollo de las copas. En el caso del tratamiento en fajas, se observa un desarrollo menor de su copa, comparada con el tratamiento tradicional, dada la fuerte competencia de los árboles en el área de crecimiento (faja), donde existe un distanciamiento medio entre árboles de 2,2 m contra 5,3 m en el silvopastoral tradicional.

CONCLUSIONES

Los árboles de *Pinus contorta*, manejados bajo ordenamiento silvopastoral, se comportaron adecuadamente bajo densidades bajas, entre 350-400 arb ha⁻¹, y raleos fuertes, en relación al efecto del viento, no presentándose daños significativos por este factor.

A su vez, los árboles manejados bajo esquemas silvopastorales, presentaron:

- Un buen desarrollo en DAP, en relación al tratamiento forestal, con diferencias significativas en el tiempo, y con un mayor DAP en el tratamiento silvopastoral tradicional, y el menor DAP en el tratamiento forestal.
- Una menor área basal, producto de una menor densidad, en relación a tratamiento forestal.
- Una menor cobertura de copa por unidad de superficie, pero un mayor diámetro de copa por árbol.
- Similar cociente de forma local, en relación al tratamiento forestal.
- Diámetro de ramas sin diferencias significativas, entre tratamientos.

No se presentaron daños significativos en los árboles de *Pinus contorta*, bajo ordenamiento silvopastoral, por efecto del manejo animal. Tampoco se presentaron daños por efecto del viento, después de la apertura del dosel con raleos intensos el año 2003.

REFERENCIAS

Anderson, G., Moore, R. and Jenkins, P., 1988. The integration of pasture, livestock and widely-spaced pine in South Western Australia. *Agrofor. Syst.* 6:195-211.

Arnold, J. E. M., 1983. Economic considerations in agroforestry projects. *Agrofor.Syst.* 1:229-311.

Batini, F. E., Anderson, G. W. and Moore, R., 1983. The practice of agroforestry in Australia. pp. 233-246. En: *Foothills for Food and Forest*. Ed. By Hannaway D.B. Timber Press and Oregon State Univ. Beaverton, Oregon.

Bennett, F. A., 1971. The role of thinning and some other problems in Management of Slash Pine plantations. USDA Forest Service, Res. Paper SE-86.

Carrero O., Jerez M. Macchiavelli R., Orlandoni G. y Stock J., 2008. Ajuste de curvas de índice de sitio mediante modelos mixtos para plantaciones de *Eucalyptus urophylla* en Venezuela. *Interciencia* v.33 (4).

Doesher, P. S., Tesh, S. D. and Alejandro-Castro, M., 1987. Livestock grazing: A silvicultural tool for plantation establishment. *J. For.* 83: 29-37.

Garret, H. E. and Buck, L., 1997. Agroforestry practice and policy in the United States of America. *Forest Ecol. and Manag.* 91:5-15.

Garret, H. E., Kerley, M. S., Ladyman, K. P., Walter, W. D., Godsey, L. D., Van Sambeek. J. W. and Brauer, D. K., 2004. Hardwood silvopasture management in North America. *Agrofor. Syst.* 61:21-33.

Hush B., Millar C.I. and Beers T.W., 1982. *Forest Mensuration*. Pub. John Wiley & Sons. New York, United States of America.

INE, 1997. VI Censo Nacional Agropecuario. Santiago, Chile.

INFOR, 2008. Boletín Estadístico 121: Anuario Forestal 2008. Instituto Forestal, Santiago, Chile.

Jones Jr., E. P., 1977. Precommercial thinning of naturally seeded slash pine increases volume and monetary returns. USDA Forest Service, Res.Paper SE-164.

Krueger W. C., 1987. Pacific Northwest forest plantations and livestock grazing. *J. For.* 83:30-31.

Laar, A. V., 1982. The response of *Pinus radiata* to initial spacing. *South Afric.For.J.* 121:52-62

Lewis C.E., 1973. Integrating management of forest and range resources. pp 69-70. In: *Range*

resources of the Southeastern United States. The Amer. Soc. Agro., Pub N° 21. Madison, Wisconsin.

Lewis, C., Tanner, G. and Terry, W., 1985. Double vs. Single row pine plantation for wood and forage production. South. J. App. For. 9:55-61.

Longhurst, W. M., 1983. Wildlife interactions with domestic animals and forests. In: Foothills for Food and Forest. Ed. by Hannaway D.B. Oregon State Univ. Timber Press, Beaverton, Oregon. Pp. 309-320.

Mead, D., 2009. Biophysical interactions in silvopastoral systems: A New Zealand perspective. En: Actas del 1^{er} Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones Argentina. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina. pp. 3-9.

Monfore, J. D., 1983. Livestock, a useful tool for vegetation control on Ponderosa Pine and Lodgepole Pine plantations. Pp.105-107. In: Forestland Grazing. Ed: by Roche, Jr. B.F. and Baumgrtner D.M., and Cooperative Extension, Wash. State Univ. Spokane, Washington.

Murgeitio, E., 2009. Aspectos relacionados con la sustentabilidad social y ambiental de los sistemas silvopastoriles en América tropical. En: Actas del 1^{er} Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones Argentina. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina. Pp. 66-69.

Shepherd, K. R. and Forrest, W. G., 1973. Growth of Radiata Pine following thinning. Commonw. For Rev. 52:133-141.

Smith, D. M., 1986. The Practice of Silviculture. Eight Edition. John Wiley & Sons. New York.

Sotomayor, A., 1980. Espaciamiento en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1980.

Sotomayor, A., 1989. Sistemas silvopastorales y su manejo. Documento técnico N° 42. Revista Chile Forestal, Diciembre 1989. CONAF. 8p.

Sotomayor, A., 1990a. Sistemas silvopastorales y su manejo. Chile Agrícola 157:203-206.

Sotomayor, A., 1990c. Bosques y forrajeras pueden complementarse (III Parte). Chile Agrícola 159:273-277.

Sotomayor, A. y Cabrera, C., 2008. Análisis de un sistema silvopastoral con *Pinus radiata* D. Don, asociado con ganado ovino en la zona mediterránea costera central de Chile. Ciencia e Investigación Forestal, Instituto Forestal. Volumen 14 N° 2. pp: 269-286.

Sotomayor, A., 2009. Sistemas silvopastorales, alternativa productiva para un desarrollo sustentable de la agricultura en Chile. En: Actas del 1^{er} Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones Argentina. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria,

Buenos Aires, Argentina. pp.26-47.

Teuber, O., y Ganderatz, S., 2009. Características geográficas y edafoclimáticas de la región de Aysén. En: Sistemas Agroforestales para la región de Aysén: Cortinas Cortaviento y Silvopastoreo. pp: 85-128. Ed: Teuber O. Instituto de Investigaciones Agropecuarias e Instituto Forestal. Coyhaique, Chile.

Tustin, J. R., Knowles, R. L. and Klomp, B. K., 1979. Forest farming: A multiple land-use production system in New Zealand. For. Ecol. & Mgt. 2:169-189.

ÁLAMO CRIOLLO (*Populus nigra cv Italica*) IMPREGNADO COMO ALTERNATIVA AL USO DE MADERA DE *Nothofagus spp* EN LA PROVINCIA DE SANTA CRUZ, ARGENTINA

Spavento, Eleana¹; Keil, Gabriel¹; Nosetti, Julia²; Monelos, Lucas² y Peri, Pablo³

RESUMEN

En la provincia de Santa Cruz, Argentina, actualmente se utilizan maderas nativas valiosas del género *Nothofagus* en productos de carpintería rural de bajo valor agregado. Asimismo, en dicha provincia existe un recurso importante de álamo criollo, *Populus nigra cv Italica*, implantado en cortinas protectoras de cultivos fruti hortícolas y montes de abrigo para ganado. Si bien la madera de dicha especie es utilizada en productos de carpintería rural, su empleo se encuentra limitado a su baja durabilidad natural.

Los ensayos de degradación a campo (cementeros de estacas), permiten evaluar la durabilidad natural o adquirida de una madera expuesta a condiciones de riesgo (edafoclimáticas y biológicas) similares a las que está expuesta una madera en servicio. Estos ensayos son evaluados a través de una categorización del estado de la madera. No obstante ello, resulta interesante realizar una evaluación cuantitativa de la pérdida de resistencia mecánica del material expuesto a la intemperie.

Entre los productos preservantes disponibles en el mercado, la creosota es adecuada para determinados empleos de la madera, por su accesibilidad y su factibilidad de aplicación por baño caliente frío.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de la madera de álamo criollo impregnada con creosota, mediante baño caliente frío, y compararla con la madera de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. & Endl.) Krasser) y de ñire (*Nothofagus antarctica* (G.Forst.) Oerst.), ambos sin preservar y de reconocida durabilidad natural, como así también, con madera de álamo criollo sin impregnar como testigo.

El material de ensayo, provino de 3 cementeros de estacas ubicados en las localidades de Perito Moreno, Gobernador Gregores y Río Gallegos, provincia de Santa Cruz, Argentina, y estuvo expuesto a degradación durante 4 años. Se determinaron: contenido de humedad: CH (IRAM 9532), densidad aparente normal Dn (IRAM 9544) y módulo de rotura (MOR) en flexión estática (IRAM 9545).

El CH del álamo con creosota fue significativamente superior al de las otras especies en

1 Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La plata. Calle 60 y 119. CP: 1900. CC 31-La Plata, Argentina. eleanaspavento@yahoo.com.ar

2 Profesional independiente

3 Universidad Nacional de la Patagonia Austral

los tres sitios de exposición, posiblemente porque en estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, se hayan evaporado algunos componentes de la creosota. Los valores de Dn y MOR en flexión estática, no presentaron diferencias significativas entre los sitios de exposición, pero sí entre especies y entre álamo criollo con y sin tratamiento preservante.

La madera de álamo criollo impregnada con creosota podría tener prestaciones similares a las de lenga y ñire para usos en productos de carpintería rural.

Palabras clave: Patagonia, creosota, baño caliente frío, cementerio de estacas, flexión estática

SUMMARY

In the Santa Cruz province, Argentina, native woods of *Nothofagus* genus species are used in low value rural woodwork products. Also, in this province, there is an important resource of *Populus nigra* cv *Italica* as protective curtains to vegetable and fruit crops and as shelter forests for cattle. The wood of this species is also used in rural woodwork products, but the use of this wood is limited because of its low natural durability value.

Natural degradation field trials allow assessing the natural or acquired durability of wood exposed to similar soil, climatic and biological conditions to a wood in service. These tests are evaluated through a wood state categorization. Nevertheless, it is interesting to make a quantitative assessment of the loss of mechanical strength of the material exposed to the weathering.

Among the commercially available preservatives products, creosote is appropriate for certain uses of wood, due to its accessibility and its feasible application by hot-cold bath.

The objective of this study was to evaluate the behavior of *Populus nigra* cv *Italica* wood impregnated with creosote, by hot-cold bath, and to compare it to Lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. & Endl.) Krasser) and Ñire (*Nothofagus antartica* (G. Forst.) Oerst.) wood, both without treatment but having a recognized natural durability. Also is compared to not treated *Populus nigra* cv *Italica* wood, as control.

The test material consists of samples exposed to natural degradation in four years field trials located in Perito Moreno, Gobernador Gregores and Rio Gallegos, province of Santa Cruz, and for these samples moisture content CH (IRAM 9532), normal apparent density Dn (IRAM 9544) and rupture modulus (MOR) in static flexion (IRAM 9545) were determined.

The moisture content of *Populus nigra* cv *Italica* with creosote was significantly higher than those of the other species at all three sites of exposure, possibly because at $103 \pm 2^\circ\text{C}$ in oven some components of creosote were evaporated. The values of normal apparent density and rupture modulus in static flexion showed no significant differences between the exposure sites, but between species and between *Populus nigra* cv *Italica* with and without preservative treatment, differences were registered.

The creosote treated *Populus nigra* cv *Italica* wood may have a similar suitability to the *Nothofagus* species wood to be used in rural woodwork products.

Keywords: Patagonia, creosote, hot and cold bath, stakes cemeteries, static bending

INTRODUCCION

En la provincia de Santa Cruz, Argentina, actualmente se utilizan maderas nativas valiosas del género *Nothofagus* en productos de carpintería rural de bajo valor agregado, entre las que se destacan lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. & Endl.) Krasser) y ñire (*Nothofagus antarctica* (G. Foster) Oerst.) (Rechene y Gonda, 1992).

La lenga es una especie de importancia en los bosques australes de Argentina y Chile, tanto por su amplia distribución geográfica como por la calidad y valor económico de su madera (Rechene y Gonda, 1992).

El ñire es una especie de amplia distribución en los bosques Andino-patagónicos (SAyDS, 2005), que se caracteriza por su gran plasticidad y cuya importancia dentro de sistemas silvopastoriles radica principalmente en la capacidad productiva ganadera (ovina y bovina) y la posibilidad de obtención de productos madereros (postes, varas y leña) provenientes de las intervenciones silvícolas (Peri *et al.*, 2009).

Asimismo, en dicha provincia existe un recurso importante de salicáceas cultivadas, entre las que se destacan el álamo criollo, *Populus nigra* cv *Italica*, el cual se encuentra principalmente como cortinas protectoras de cultivos fruti hortícolas y montes de abrigo para ganado (Amico *et al.*, 2005). Si bien la madera de dicha especie es utilizada en productos de carpintería rural (postes cortos y leña), su empleo se encuentra limitado a su baja durabilidad natural, presentando una vida útil en servicio, inferior a 5 años (Chiani, 1964; 1965; 1967; Tinto y Chiani, 1967; Arreghini, 1978; citados por Díaz *et al.*, 2002; IRAM 9600, 1998).

El proceso de preservación con productos de acción fungicida e insecticida permite prolongar la vida útil de la madera en servicio (JUNAC, 1988). Asimismo, el nivel de retención del preservante necesario para asegurar una vida útil prolongada de la madera, se determina de acuerdo con las condiciones a las que se expone la madera al ataque de agentes destructores (IRAM 9600, 1998).

De acuerdo con esto, sería interesante evaluar la durabilidad de la madera de álamo criollo tratada con algún producto preservante disponible en el mercado, expuesta a diferentes condiciones, como así también evaluar su comportamiento físico – mecánico, a fin de plantear el reemplazo, en usos de carpintería rural de bajo valor agregado, de las maderas valiosas del bosque nativo.

Los ensayos de degradación a campo (cementorios de estacas), permiten evaluar dicha durabilidad, a través de una categorización del estado de la madera, bajo condiciones de riesgo (edafoclimáticas y biológicas) similares a las que esta expuesta una madera en servicio (JUNAC, 1988). No obstante ello, resulta interesante realizar una evaluación cuantitativa de la

pérdida de resistencia mecánica del material tratado expuesto a la intemperie.

Entre los productos preservantes disponibles en el mercado, la creosota, si bien presenta algunas restricciones de uso (IRAM 9600, 1998), es adecuada para determinados empleos de la madera, por su accesibilidad y su factibilidad de aplicación por baño caliente frío (JUNAC, 1988).

Como hipótesis de trabajo se consideró que la madera de álamo criollo impregnada con creosota podría tener prestaciones similares que aquellas maderas de especies nativas de reconocida durabilidad natural, para uso en productos de carpintería rural.

OBJETIVO

Evaluar el comportamiento de la madera de álamo criollo impregnada con creosota, mediante baño caliente frío, y compararla con la madera de lenga y de ñire ambos sin preservar y de reconocida durabilidad natural, como así también, con madera de álamo criollo sin impregnar como testigo.

MATERIAL Y MÉTODO

Material Leñoso

Se trabajó con muestras de madera de álamo criollo sin impregnar (testigo), álamo criollo impregnada (creosota baño caliente-frío), lenga y ñire, sin impregnar, provenientes de un ensayo de degradación a campo, expuesta durante 4 años, a tres sitios de la provincia de Santa Cruz: Perito Moreno, Gobernador Gregores y Río Gallegos.

En el Cuadro N° 1 se presentan datos climáticos y particularidades de interés para la caracterización de las áreas de ensayo.

Cuadro N° 1
FICHA DESCRIPTIVA DE LAS ÁREAS EN ESTUDIO

SITIOS	PERITO MORENO	GOBERNADOR GREGORES	RIO GALLEGOS
Coordenadas	46° 51' - 47° 13' LS 71° 11' - 70° 19' LO	48° 40' - 49° 12' .LS 69° 08' - 70° 20' LO	51° 22' - 52° 00' LS 72° 26' - 69° 12' LO
Región Natural	Patagonia Extra-andina	Patagonia. Extra-andina	Patagonia. Extra-andina Austral
Ordenes de Suelos	En su mayoría entisoles	En su mayoría aridisoles	En su mayoría aridisoles y molisoles.
Tipo Climático	Templado frío árido	Templado frío árido	Templado frío, subhúmedo en el oeste a semiárido en el este.
Precipitación Media Anual (mm)	72,9	191,7	260 (estación más lluviosa en otoño)
Temperatura Media Anual (°C)	7,8	8,5	6,9
Velocidad Media del Viento(Km/h)	35	45	20

(Fuente: Secretaría de Minería de la Nación y Servicio Meteorológico Nacional)

Método de Impregnación

El método de impregnación baño caliente frío consistió en sumergir la madera en creosota caliente y luego dejar enfriar la madera sumergida. La variación de temperatura entre los dos baños permitió conseguir retenciones y penetraciones adecuadas a la categoría de riesgo R4. (JUNAC, 1988).

Ensayos Mecánicos

Para la determinación del comportamiento mecánico de las maderas en estudio se realizó el ensayo de flexión estática, para lo cual se trabajó con probetas de 20 mm x 20 mm x 300 mm (IRAM 9545, 1985), previamente enterradas hasta el 50% de su longitud durante 4 años.

Se trabajó con un total de 360 probetas, 120 por sitio de degradación (30 por especie), las cuales fueron estacionadas hasta contenido de humedad de equilibrio higroscópico y acondicionadas para la realización del ensayo.

Para este ensayo se utilizó una prensa universal de 5000 Kg (Alfred J. Amsler y Co, Schaffouse - Suisse 7928). Se trabajó en el Laboratorio de Ensayos de Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata (UNLP).

Con los datos obtenidos se calculó el módulo de rotura (MOR)

Ensayos Físicos

Para la determinación del comportamiento físico de las maderas, se determinó el contenido de humedad (IRAM 9532, 1963) y la densidad aparente normal (IRAM 9544, 1985), para lo cual, luego de realizado el ensayo de flexión estática, dichas probetas fueron procesadas en carpintería para la obtención de 10 probetas cúbicas de 20 mm de lado por cada probeta ensayada a flexión estática, con las cuales se realizaron las determinaciones correspondientes.

Se utilizó balanza analítica con una precisión de 0,01g, estufa de secado con termómetro y termostato regulable a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, desecador con cloruro de calcio y vaso de precipitado.

Dichos ensayos fueron realizados en los laboratorios del INFIVE y de los cursos de Xilotecología e Industria de Transformación Mecánica, Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.

Al conjunto de datos de cada variable se le calcularon la media y el coeficiente de variabilidad.

Los datos obtenidos para todas las especies fueron estudiados a partir del Análisis de la Varianza y ante diferencias significativas ($p < 0,05$) se aplicó el test de comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro N° 2 se presentan los valores de CH, Dn y la comparación de los mismos entre las especies en cada una de las tres localidades en estudio.

Cuadro N° 2
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD APARENTE NORMAL EN LAS TRES LOCALIDADES

Especie	Gobernador Gregores		Perito Moreno		Río Gallegos	
	CH (%)	Dn (g/cm ³)	CH (%)	Dn (g/cm ³)	CH (%)	Dn (g/cm ³)
Álamo testigo	9,22 a (9,03)	0,33 a (11,17)	9,49 a (13,60)	0,37 a (10,62)	9,63 ab (1,54)	0,33 a (11,16)
Álamo con creosota	30,11 b (29,09)	0,59 b (16,96)	29,24 b (11,41)	0,63 b (12,74)	24,43 c (11,58)	0,53 b (12,91)
Lenga	9,19 a (13,42)	0,55 b (3,88)	10,20 a (10,25)	0,53 c (6,36)	10,04 b (2,14)	0,53 b (7,85)
Ñire	9,75 a (9,01)	0,59 b (11,90)	10,22 a (9,51)	0,61 b (3,14)	9,06 ab (9,14)	0,61 b (15,75)

Diferentes letras denotan diferencias significativas con el test de Tukey ($p < 0.05$).
 Los coeficientes de variación (CV%) se indican entre paréntesis.

El contenido de humedad (CH) se define como la cantidad de agua que tiene la madera con respecto a su masa anhidra (Andía y Keil, 2004). El mismo influye en la determinación de las propiedades físicas y mecánicas ya que modifica el volumen y la masa del material (Coronel, 1994).

Según se observa en el Cuadro N° 2, el CH del álamo con creosota fue significativamente superior con respecto a las otras especies en los tres sitios de exposición, resultando en todos los casos un valor extremadamente alto, presumiblemente por la interferencia que generó la creosota mediante el método de pesadas; es posible que cuando se expuso el material a 103 ± 2 °C, además del agua tecnológica, se hayan evaporado algunos componentes de la creosota con puntos de ebullición inferiores a los valores de temperatura señalados.

La densidad de la madera es la relación entre su peso y su volumen (Coronel, 1994). La densidad aparente (D_a) relaciona el peso y el volumen de la madera considerando los espacios porosos: macro y microporos (Coronel, 1994).

La densidad aparente normal (D_n) es la relación existente entre el peso y el volumen de la madera a un determinado contenido de humedad. Dicho valor es importante debido a que es el más estable de la madera en uso y, en consecuencia, es el que se considera para las determinaciones de resistencia mecánica. Su valor se tiene en cuenta en la industria de la madera aserrada y en productos de madera sólida (Andía y Keil, 2004).

La D_n del álamo con creosota no presentó diferencias significativas con respecto a la lenga y el ñire, en los sitios de Gobernador Gregores y Río Gallegos, mientras que en el sitio de Perito Moreno, se diferenció de la lenga pero no del ñire.

En todos los casos, la creosota elevó la densidad aparente normal en la madera de álamo diferenciándose significativamente de la Dn del álamo testigo.

En todos los sitios, el álamo testigo proporcionó valores de densidad bajos mientras que el álamo con creosota, presentó valores medios al igual que la lenga y el ñire (Rivero Moreno, 2004).

Cuadro N° 3
VALORES DE CH Y DE DN COMPARADO ENTRE SITIOS

Sitio	Álamo Testigo		Álamo con Creosota		Lenga		Ñire	
	CH (%)	Dn (Kg/m3)	CH (%)	Dn (Kg/m3)	CH (%)	Dn (Kg/m3)	CH (%)	Dn (Kg/m3)
Gobernador Gregores	9,22a (9,03)	330a (11,17)	30,11a (29,09)	590a (16,96)	9,19a (13,42)	550a (3,88)	9,75a (9,01)	590a (11,90)
Perito Moreno	9,49a (13,60)	370a (10,62)	29,24a (11,41)	630a (12,74)	10,20a (10,25)	530a (6,36)	10,22a (9,51)	610a (3,14)
Río Gallegos	9,63a (1,54)	330a (11,16)	24,43b (11,58)	530a (12,91)	10,04b (2,14)	530a (7,85)	9,06a (9,14)	610a (15,75)

Diferentes letras denotan diferencias significativas con el test de Tukey ($p < 0.05$). Los coeficientes de variación (CV%) se indican entre paréntesis.

Según se observa en el Cuadro N° 3, los valores de CH para el álamo testigo, la lenga y el ñire no presentaron diferencias significativas entre sitios. El CH del álamo con creosota fue significativamente menor en Río Gallegos con respecto a los otros dos sitios.

Los valores de Dn para el álamo testigo, el álamo con creosota, la lenga y el ñire no se diferenciaron entre sitios.

En el Cuadro N° 4 se presentan los valores de MOR comparando entre las especies en cada una de las tres localidades en estudio.

Cuadro N° 4
RESULTADOS DEL ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA
EN GOBERNADOR GREGORES, PERITO MORENO Y RÍO GALLEGOS

Especie	Gobernador Gregores	Perito Moreno	Río Gallegos
	MOR (N/mm ²)	MOR (N/mm ²)	MOR (N/mm ²)
Álamo Testigo	19,50 a (20,18)	36,30 a (42,10)	27,32 a (11,71)
Álamo con Creosota	44,96 ab (23,07)	38,51 a (23,09)	44,07 ab (27,81)
Lenga	70,81 b (20,02)	64,51 b (23,96)	56,18 ab (10,28)
Ñire	59,54 b (59,98)	71,47 b (14,72)	61,70 b (16,78)

Letras diferentes denotan diferencias significativas con el test de Tukey ($p < 0.05$).
 Los coeficientes de variación (CV %) se indican entre paréntesis.

El MOR corresponde a la tensión unitaria máxima en flexión que soporta un material antes de que se produzca la falla, cualquier incremento de carga sobre el material provocará la rotura del mismo (Coronel, 1995).

Del Cuadro N° 4 se desprende que en Gobernador Gregores, el álamo impregnado no presentó diferencias significativas entre especies para los valores de MOR. El álamo testigo se diferenció significativamente de la lenga y del ñire pero no se diferenció con el álamo impregnado.

Para el sitio de Perito Moreno, el álamo testigo y el álamo impregnado con creosota, no presentaron diferencias entre sí, pero fueron significativamente menores con respecto a la lenga y el ñire, los cuales no se diferenciaron entre sí para los valores de MOR.

En el caso de Río Gallegos, no existieron diferencias significativas entre el álamo impregnado, la lenga y el ñire, como así tampoco entre el álamo testigo, el álamo con creosota y la lenga.

El MOR de la madera de álamo criollo testigo y de álamo impregnado fue muy bajo en todas las condiciones a las que estuvo expuesta, mientras que los valores de MOR de la madera de lenga y de ñire, resultaron bajos en todas las condiciones (Rivero Moreno, 2004).

Cuadro N° 5
RESULTADOS DEL ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA COMPARADO ENTRE SITIOS

Sitio	Álamo Testigo	Álamo con Creosota	Lenga	Ñire
	MOR (N/mm²)			
Gobernador Gregores	19,50 a (20,18)	44,96 a (23,07)	70,81 a (20,02)	59,54 a (59,98)
Perito Moreno	36,30 a (42,10)	38,51 a (23,09)	64,51 a (23,96)	71,47 a (14,72)
Río Gallegos	27,32 a (11,71)	44,07 a (27,81)	56,18 a (10,28)	61,70 a (16,78)

Letras diferentes denotan diferencias significativas con el test de Tukey ($p < 0.05$).

Los coeficientes de variación (CV %) se indican entre paréntesis.

Según se indica en el Cuadro N° 5, no existen diferencias significativas para los valores de MOR entre las tres localidades estudiadas, pese a sus diferencias edáficas y climáticas.

Debido a la variabilidad de algunos datos (altos CV%), sería aconsejable aumentar el número de repeticiones en posteriores estudios, aunque también se debe tener en cuenta que existen altas variabilidades debido a la multiplicidad de factores intervinientes.

CONCLUSIONES

En términos generales, los valores de contenido de humedad, densidad aparente normal y módulo de rotura en flexión estática no fueron influenciados por las condiciones de sitio a las que estuvieron expuestos, pero sí por las especies y tratamiento impregnante utilizado.

Según las propiedades tecnológicas, la madera de álamo criollo impregnada con creosota, ofrece prestaciones similares a aquellas maderas de especies nativas de reconocida durabilidad natural, pudiendo ser utilizada en productos de carpintería rural.

De acuerdo con esto, es factible tecnológicamente, el reemplazo de las maderas valiosas del bosque nativo, por madera de álamo criollo impregnado con creosota, pudiendo utilizar dichas especies en usos más adecuados y de mayor valor agregado.

REFERENCIAS

Amico, I.; Bava, J. y Calderón, A., 2009. Tabla de volumen para *Populus nigra* cv *Italica* en plantaciones lineales en el noroeste de Chubut. 7 pp. Disponible en: www.sagpya.gov.ar.

Andía, I. y Keil, G., 2004. Propiedades físicas de la madera. Publicación Docente N° 01/04. Cátedra de Tecnología de la Madera. Universidad Nacional del Comahue. 28 pp.

Coronel, E. O., 1994. Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Aspectos teóricos y prácticos para la determinación de las propiedades y sus aplicaciones. 1 Parte: Fundamentos de las propiedades físicas de la madera. Publicación ITM - UNSE. 187 pp.

Coronel, E. O., 1995. Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas. Aspectos teóricos y prácticos para la determinación de las propiedades y sus aplicaciones. 2 Parte: Fundamentos de las propiedades mecánicas de las maderas. Publicación ITM – UNSE. 335 pp.

Díaz, B. G, Luna, M. L. Keil, G. D., Otaño, M.E. y Peri, P. L., 2002. Comportamiento de la madera de *Populus nigra* cv *Italica* ante la preservación con creosota y CCA. Revista Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales. Vol. 11 (2). 14 pp.

IRAM 9532, 1963. Método de determinación de humedad. Instituto de Racionalización de Materiales. 14 pp.

IRAM 9544, 1985. Método para la determinación de la densidad aparente. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 10 pp.

IRAM 9545, 1985. Maderas: Método de ensayo de flexión estática. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales 10 pp.

IRAM 9600, 1998. Preservación de maderas: Maderas preservadas mediante procesos con presión en autoclave. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 23 pp.

JUNAC, 1988. Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC). Manual del Grupo Andino para la Preservación de Maderas. 1ª Ed., Lima. Perú. Pp 294.

Peri, P.; Hansen, N.; Rusch, V.; Tejera, L.; Monelos, L.; Fertig, M.; Bahamonde, H. y Sarasola, M., 2009. Pautas de manejo de sistemas silvopastoriles en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* (ñire) en Patagonia. 1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Ecología. Físio-ecología. 5 Pp.

Rechene, C. y Gonda, H., 1992. Propuesta metodológica y plan de manejo preliminar para lenga en sitios de calidad media de Chubut. Actas del seminario de manejo forestal de la lenga y aspectos ecológicos relacionados. CIEFAP. Publicación técnica N° 8, pp 126-159.

Rivero Moreno, J. 2004. Propiedades Físico-Mecánicas de *Gmelina arborea* Roxb. y *Tectona*

grandis Linn. F. Proveniente de Plantaciones Experimentales del Valle del Sacta – Cochabamba. Cochabamba. Bolivia. <http://www.monografias.com>. 73 pp.

SAyDS, 2005. Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Buenos Aires, pp. 86.

ENSAYOS DE DEGRADACIÓN A CAMPO DE ALAMO CRIOLLO (*Populus nigra* cv *Italica*) PRESERVADO, ESTUDIO DE ALGUNAS PROPIEDADES

Keil, Gabriel¹, Nosetti, Julia², Spavento, Eleana³, Monelos, Lucas⁴ y Días, Boris⁵

RESUMEN

En la región patagónica en general y en la provincia de Santa Cruz en particular, existe un recurso importante de álamo criollo, *Populus nigra* cv *Italica*, concentrado principalmente en cortinas protectoras de cultivos fruti-hortícolas, el cual podría constituir un importante recurso maderero regional.

Dentro de las virtudes de la madera de esta especie, se encuentran su color claro, su grano derecho, la ausencia de extractivos y si bien su durabilidad natural es baja y limita su uso en condiciones de riesgo severas, presenta la característica de ser fácilmente impregnable.

Los ensayos de degradación a campo permiten evaluar la durabilidad natural o adquirida de una madera ante exposiciones a distintas condiciones de riesgo en servicio. Más allá de la evaluación tradicional de un ensayo de degradación a campo, a través de la pérdida de peso de la madera en condiciones de riesgo, resulta interesante la evaluación a través de la pérdida de resistencia mecánica.

La impregnación de una madera con productos a base de cobre, cromo, arsénico (CCA), mediante procesos de vacío-presión, prolonga la vida útil de dicha madera en servicio, por más de 30 años. Otras especies, como la acacia blanca "*Robinia pseudoacacia* L.", presentan una adecuada durabilidad natural para estos usos sin necesidad de aplicación de dicho tratamiento preservante.

El objetivo de este trabajo fue determinar y evaluar, el contenido de humedad, la densidad aparente normal y la resistencia mecánica en flexión estática, en madera de álamo criollo impregnada con CCA por vacío presión (método Bethell), y compararla con la misma madera sin impregnar y con acacia blanca de reconocida durabilidad natural.

Se determinó contenido de humedad (IRAM 9532), densidad aparente normal (IRAM 9544) y módulo de rotura (MOR) en flexión estática (IRAM 9545). El material (probetas) provino de tres cementerios de estacas ubicados en Río Gallegos, Gobernador Gregores y Perito Moreno (Santa Cruz, Argentina).

1 Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata (UNLP) 60 y 119. CP: 1900. CC 31-La Plata. Argentina. gabrieldkeil@yahoo.com.ar

2 Ingeniero Forestal

3 Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata (UNLP) 60 y 119. CP: 1900. CC 31-La Plata. Argentina.

4 Ingeniero Forestal

5 Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. 60 y 119. CP: 1900. CC 31-La Plata. Argentina.

Del análisis de los resultados surge que la madera de álamo criollo impregnada con CCA, mediante el método Bethell, y expuesta al exterior en contacto con el suelo (categoría de riesgo R4, IRAM 9600), durante 4 años, mantuvo sus características resistentes, al igual que la madera de acacia blanca expuesta a las mismas condiciones. Además, dichos resultados no fueron significativamente influenciados por los sitios de exposición.

Palabras clave: Patagonia, impregnación, CCA, cementerios, densidad, flexión estática

SUMMARY

In the Patagonia in general and in the Santa Cruz province in particular, there is an important resource of *Populus nigra* cv *Italica*, mainly in protective curtains to vegetable and fruit crops which could be a regional important wood resource. Among the virtues of the wood of this species are its light color, right grain, the absence of extractives and, in spite of its low natural durability, can be easily preserved.

The degradation field trials allow assessing the natural or acquired durability of wood exposed to different risk conditions similar to those of the wood in service. The traditional evaluation of these tests is through the wood weight loss, however it is interesting to make also a quantitative assessment of the mechanical strength loss.

The impregnation of wood with copper, chromium and arsenic (CCA) based products, using vacuum-pressure process, extend the life of wood in service for over 30 years. Other species, such as *Robinia pseudoacacia* L., have a good natural durability without preservation treatments.

The objective of this study was to determine and assess, moisture content, normal apparent density and mechanical strength in static bending in *Populus nigra* cv *Italica* wood impregnated with CCA through of vacuum pressure (Bethell method), and to compare it to untreated wood of the same species and of *Robinia pseudoacacia*.

Moisture content: CH (IRAM 9532): Dn (IRAM 9544) and rupture modulus (MOR) in static bending (IRAM 9545) were determined. The material came from three stakes cemeteries located in Rio Gallegos, Gobernador Gregores and Perito Moreno, Santa Cruz, Argentina.

According to the results, it appears that *Populus nigra* cv *Italica* wood impregnated with CCA, through Bethell method, and exposed to the outside contact with the ground (R3-risk category, IRAM 9600), for four years, maintains strength characteristics similar to those of *Robinia pseudoacacia* wood exposed to the same conditions. The results were not significantly influenced by exposure sites.

Key words: Patagonia, impregnation, CCA, cemeteries, density, static bending

INTRODUCCION

En la República Argentina existen aproximadamente 64.000 ha forestadas con especies del género *Populus* (álamos), siendo las principales zonas productoras el Delta del Paraná, Cuyo, Patagonia y la Pampa Húmeda (Achinelli, 2006).

En la región patagónica en general y en la provincia de Santa Cruz en particular, existe un recurso importante de álamo criollo, *Populus nigra* cv *Italica*, concentrado principalmente en cortinas protectoras de cultivos fruti-hortícolas (Peri y Martínez Pastur, 1998), lo que podría constituir un importante recurso maderero regional.

Dentro de las virtudes de la madera de esta especie, se encuentran su color claro, su grano derecho, la ausencia de extractivos y, si bien su durabilidad natural es baja y limita su uso en condiciones de riesgo severas, presenta la característica de ser fácilmente impregnable (IRAM 9600, 1998).

Históricamente, dicha madera ha sido utilizada en la región, principalmente con destinos rurales (poste corto y leña). Sin embargo, nunca ha existido un aprovechamiento intensivo de ella, debido fundamentalmente a su baja durabilidad natural, inferior a 5 años (IRAM 9600, 1998).

Asimismo en dicha región, existe un recurso limitado de acacia blanca *Robinia pseudoacacia* L, con excelente durabilidad natural, lo cual hace que dicha madera sea utilizada para productos de carpintería rural.

El uso de maderas no durables o poco durables pero tratadas a presión con algún producto preservante prolonga la vida útil en servicio por más de 30 años (JUNAC, 1988; IRAM 9600, 1998).

Entre los productos disponibles en el mercado, el arseniato de cobre cromatado; CCA (cromo, cobre, arsénico), ha presentado buenos resultados y múltiples aplicaciones de diferentes maderas han podido beneficiarse con sus bondades. Dentro de dichas aplicaciones pueden mencionarse viñas, parrales, madera para construcción, postes de transmisión eléctrica y teléfonos, cercos agrícolas y ornamentales, juegos infantiles, muebles rústicos y terrazas en exteriores entre otras aplicaciones (IRAM 9600, 1998).

La impregnación es un proceso industrial que permite introducir algún producto preservante en la madera, prolongando de este modo su vida útil, haciendo frente a una amplia variedad de situaciones ambientales para las cuales no presenta una durabilidad natural significativa (JUNAC, 1988).

En este sentido, debido a que se cuenta con un recurso importante de álamo criollo en la región, sería interesante plantear la impregnación de dicha madera con CCA para aumentar su vida útil en servicio, y de esta manera poder complementar o reemplazar, en los usos que así lo permitan, a la madera de acacia blanca destinando esta última a la fabricación de productos de mayor valor agregado.

Los ensayos de degradación a campo (cementeros de estacas), constituyen una herramienta para evaluar la durabilidad natural o adquirida de la madera expuesta a distintas condiciones edafoclimáticas y biológicas (JUNAC, 1988). Asimismo, el nivel de retención del preservante necesario para asegurar una vida útil prolongada de la madera, se determina de acuerdo con las condiciones a las que se expone la madera al ataque de agentes destructores (IRAM 9600, 1998).

Como hipótesis de trabajo se consideró que impregnando la madera de álamo criollo con CCA por el método industrial de Bethell, ésta podría tener prestaciones similares a las de acacia blanca, lo cual permitiría reemplazarla para determinados usos y aplicaciones estructurales considerando el dimensionamiento de las piezas.

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo fue determinar y evaluar, el contenido de humedad, la densidad aparente normal y la resistencia mecánica en flexión estática, en madera de álamo criollo impregnada con CCA por vacío presión (método Bethell), y compararla con la misma madera sin impregnar y con acacia blanca de reconocida durabilidad natural.

MATERIAL Y MÉTODO

Material Leñoso

Se trabajó con probetas de madera (20 mm x 20 mm x 300 mm) de álamo criollo sin impregnar (testigo) e impregnada y con madera de acacia blanca. Las maderas fueron impregnadas por el método de vacío presión en autoclave a célula llena (Bethell) y el preservante utilizado fue arseniato de cobre cromatado (CCA) con retenciones establecidas en la norma IRAM 9600, 1998 para latifoliadas y categoría de riesgo R4 (al exterior en contacto con el suelo).

Luego de la preservación, la madera se estió en un lugar protegido de las condiciones ambientales y a la sombra para favorecer la difusión del CCA, durante 15-20 días. Para evidenciar la penetración del preservante se pincelaron las escuadrías con cromo azurol S.

El material leñoso estuvo enterrado hasta el 50% de su longitud durante 4 años en los sitios y condiciones detallados en el Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1 SITIOS DE EXPOSICIÓN

SITIOS	PERITO MORENO	GOBERNADOR GREGORES	RIO GALLEGOS
Coordenadas	46° 51' - 47° 13' LS 71° 11' - 70° 19' LO	48° 40' - 49° 12'.LS 69° 08' - 70° 20' LO	51° 22' - 52° 00' LS 72° 26' - 69° 12' LO
Región Natural	Patagonia Extra-andina	Patagonia. Extra-andina	Patagonia. Extra-andina Austral
Ordenes de Suelos	En su mayoría entisoles	En su mayoría aridisoles	En su mayoría aridisoles y molisoles.
Tipo Climático	Templado frío árido	Templado frío árido	Templado frío, subhúmedo en el oeste a semiárido en el este.
Precipitación Media Anual (mm)	72,9	191,7	260 (estación más lluviosa en otoño)
Temperatura Media Anual (°C)	7,8	8,5	6,9
Velocidad Media del Viento(Km/h)	35	45	20

(Fuente: Secretaría de Minería de la Nación y Servicio Meteorológico Nacional)

Transcurridos los 4 años de exposición, el material fue extraído de los cementerios de estacas, limpiado con pincel y acondicionado para su envío a la ciudad de La Plata, donde se realizaron los estudios tecnológicos. Dichos estudios fueron realizados en el laboratorio de Industrias de Transformación Mecánica de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP, previo acondicionado (durante 30 días), hasta alcanzar el contenido de humedad de equilibrio higroscópico, testeado periódicamente mediante higrómetro electrónico GANN, Hydromette HT 85.

Ensayo Mecánico

El ensayo mecánico realizado fue el de flexión estática (IRAM 9545, 1985). El mismo fue realizado en el Laboratorio de Ensayos de Materiales, Facultad de Ingeniería, UNLP, en prensa universal de 5000 Kg Alfred J. Amsler y Co, Schaffouse - Suisse 7928.

Se trabajó con un total de 270 probetas, 30 probetas por tratamiento. Con los datos obtenidos se calculó el módulo de rotura (MOR) en flexión estática.

Propiedades Físicas

Las propiedades físicas estudiadas fueron contenido de humedad CH (IRAM 9532, 1963) y densidad aparente normal Dn (IRAM 9544, 1985). En este caso las probetas utilizadas

en el ensayo mecánico fueron nuevamente procesadas en carpintería para la obtención de 330 probetas cúbicas de 20 mm de lado.

Para la determinación del CH se utilizó el método de secado en estufa. Se utilizó balanza analítica con una precisión de 10 Mg, estufa de secado con termómetro y termostato regulable a 103°C ± 2°C y desecador, provisto de cloruro de calcio como deshidratante.

Para la determinación de la densidad aparente normal a cada una de las probetas se le determinó el peso húmedo inicial (Ph) con balanza de precisión y luego, por el método de desplazamiento de fluidos, se determinó su volumen húmedo inicial (Vh). Los ensayos se llevaron a cabo en laboratorios del INFIVE, Xilotecnología e Industria de Transformación Mecánica, Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.

Análisis Estadístico

Al conjunto de datos de cada variable se le calculó la media y el coeficiente de variabilidad.

Los datos obtenidos para todas las especies fueron estudiados a partir del Análisis de la Varianza y ante diferencias significativas ($p < 0,05$) se aplicó el test de comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSION

Propiedades Físicas

En el Cuadro N° 2 se presentan los valores de CH y Dn de las especies en los tres sitios de exposición.

Cuadro N° 2
CH Y DN EN LOS TRES SITIOS DE ESTUDIO

Especie	Río Gallegos		Gobernador Gregores		Perito Moreno	
	CH (%)	Dn (Kg/m ³)	CH (%)	Dn (Kg/m ³)	CH (%)	Dn (Kg/m ³)
Álamo Testigo	9,63 a (1,54)	330 a 11,16	9,22 a (9,03)	330 a (11,17)	9,49 a (13,60)	370 a (10,62)
Álamo con CCA	9,26 a (13,57)	340 a (1,57)	8,41 a (5,96)	390 a (11,74)	9,69 a (17,87)	370 a (9,12)
Acacia blanca	7,70 a (1,83)	820 b (2,54)	8,78 a (12,88)	780 b (6,14)	8,93 a (5,18)	810 b (2,56)

Diferentes letras denotan diferencias significativas con el test de Tukey ($p < 0.05$).

Dn densidad aparente normal; CH contenido de humedad.

El coeficiente de variabilidad se indica entre paréntesis.

El CH influye en la determinación de las propiedades físicas y mecánicas ya que modifica el volumen y la masa del material, (Coronel, 1994).

Según se observa en el Cuadro N° 2, el CH determinado no presentó diferencias significativas entre especies en los tres sitios de estudio.

La Dn es importante debido a que es la densidad más estable de la madera en uso y en consecuencia la que se toma como referencia para las determinaciones de resistencia mecánica (Coronel, 1994). Su valor se tiene en cuenta en la industria de la madera aserrada y en productos de madera sólida.

Los valores de Dn determinados no se diferenciaron entre la madera de álamo testigo y la madera de álamo impregnado, pero si hubo diferencias significativas en ambos casos, con la madera de acacia blanca. Dicho comportamiento se presentó en los tres sitios de estudio.

En los tres sitios, la Dn de la madera de álamo testigo y de álamo con CCA fue baja (madera liviana), mientras que la densidad de la acacia blanca fue alta (madera densa o pesada) (Rivero Moreno, 2004).

Cuadro N° 3
VALORES DE CH COMPARADOS ENTRE SITIOS

Sitio	Álamo Testigo		Álamo con CCA		Acacia Blanca	
	CH (%)	Dn (Kg/m3)	CH (%)	Dn (Kg/m3)	CH (%)	Dn (Kg/m3)
Gobernador Gregores	9,22a (9,03)	330 a 11,17	8,41a (5,96)	390 a (11,74)	8,78 a (12,88)	780a (6,14)
Perito Moreno	9,49a (13,60)	370 a (10,62)	9,69a (17,87)	370 a (9,12)	8,93a (5,18)	810a (2,56)
Río Gallegos	9,63a (1,54)	330 a (11,16)	9,26a (13,57)	340 a (1,57)	7,70a (1,83)	820a (2,54)

Diferentes letras denotan diferencias significativas con el test de Tukey ($p < 0.05$).

Los coeficientes de variación (CV%) se indican entre paréntesis.

Al realizar el test de comparación de medias de las variables CH y Dn en las tres localidades (Cuadro N° 3) se observó que los valores no difirieron significativamente entre los sitios.

Propiedades Mecánicas

En el Cuadro N° 4 se presentan los valores de MOR de las especies en los tres sitios de exposición.

Del Cuadro N° 4 se desprende que la madera de álamo testigo e impregnado se diferenció de la madera de acacia blanca en los tres sitios de estudio. Asimismo, el testigo

se diferenció del álamo impregnado en el sitio de Gobernador Gregores mientras que no se diferenció en los otros dos sitios.

En todos los casos, la madera de álamo testigo y álamo impregnado presentaron valores muy bajos de resistencia a la rotura en flexión estática, mientras que la madera de acacia blanca fue altamente resistente a dicho esfuerzo en los tres sitios de exposición (Rivero Moreno, 2004).

Cuadro N° 4
RESULTADOS DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN LOS TRES SITIOS DE ESTUDIO

Especie	Río Gallegos	Gobernador Gregores	Perito Moreno
	MOR (N/mm ²)	MOR (N/mm ²)	MOR (N/mm ²)
Álamo Testigo	27,32 a (11,71)	19,50 a (20,18)	36,30 a (42,10)
Álamo con CCA	32,90 a (15,5)	45,70 b (19,13)	33,88 a (29,54)
Acacia blanca	142,00 b (14,86)	137,00 c (17,32)	161,30 b (12,32)

Diferentes letras denotan diferencias significativas con el test de Tukey ($p < 0.05$).
Los coeficientes de variación (CV%) se indican entre paréntesis

Los resultados obtenidos para el álamo testigo e impregnado no concuerdan con lo planteado por Suirezs (2005) para la madera de pino taeda (*Pinus taeda*), respecto de que la madera impregnada con CCA ofrece menor resistencia al módulo de rotura perdiendo tenacidad.

Al realizar el test de comparación de medias de la variable MOR en las tres localidades (Cuadro N° 5), se observó que los MOR del álamo impregnado y de la acacia blanca en el sitio de Gobernador Gregores se diferenciaron con respecto a los otros sitios, no diferenciándose entre sitios el álamo testigo.

Cuadro N° 5
RESULTADOS DEL ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA COMPARADOS ENTRE SITIOS

Sitio	Álamo Testigo	Álamo con CCA	Acacia Blanca
	MOR (N/mm ²)		
Gobernador Gregores	19,50 a (20,18)	45,70 a (19,13)	137,00 a (17,32)
Perito Moreno	36,30 a (42,10)	33,88 b (29,54)	161,30 b (12,32)
Río Gallegos	27,32 a (11,71)	32,90 b (15,5)	142,00 b (14,86)

Diferentes letras denotan diferencias significativas con el test de Tukey ($p < 0.05$).
Los coeficientes de variación (CV%) se indican entre paréntesis

CONCLUSIONES

Según las propiedades tecnológicas estudiadas la madera de álamo criollo impregnada con CCA ofrece prestaciones similares a las de madera en estado original, sin reducción de la resistencia a flexión pero con valores de MOR inferiores al de acacia blanca, situación a considerar en el dimensionado de las piezas de madera.

En general, las condiciones edafoclimáticas del sitio de exposición no influyeron sobre los parámetros tecnológicos estudiados.

En base a los resultados obtenidos, es posible la complementación o el reemplazo de la madera de acacia blanca por madera de álamo impregnada con CCA en usos de carpintería rural para situaciones de riesgo similares.

REFERENCIAS

Achinelli, F. G., 2006. Silvicultura de álamos y sauces en la pampa húmeda. Actas Jornadas de Salicáceas 2006. 16 pp

Coronel, E. O., 1994. Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Aspectos teóricos y prácticos para la determinación de las propiedades y sus aplicaciones. 1 Parte: Fundamentos de las propiedades físicas de la madera. Publicación ITM - UNSE. 187pp.

IRAM 9532, 1963. Método de determinación de humedad. Instituto de Racionalización de Materiales. 14 pp.

IRAM 9544, 1985. Método para la determinación de la densidad aparente. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 10 pp.

IRAM 9545, 1985. Maderas: Método de ensayo de flexión estática. Instituto Argentino de Racionalización de materiales 10 pp.

IRAM 9600, 1998. Preservación de maderas: Maderas preservadas mediante procesos con presión en autoclave. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 23 pp.

JUNAC, 1988. Junta del Acuerdo de Cartagena. Manual del Grupo Andino para la preservación de Maderas. 1ª Ed., Lima. Perú. Pp 294.

Peri, P. y Martinez Pastur, G., 1998. Crecimiento en cortinas cortaviento de *Populus nigra* cv 'Itálica' en Patagonia Sur – Argentina. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales 7(1-2): 73-83.

Rivero Moreno, J., 2004. Propiedades Físico-Mecánicas de *Gmelina arborea* Roxb. y *Tectona grandis* Linn. F. Proveniente de Plantaciones Experimentales del Valle del Sacta – Cochabamba. Cochabamba. Bolivia. <http://www.monografias.com>. 73 pp.

Suirezs, T., 2000. Efecto de la impregnación con CCA (cromo-cobre-arsénico) sobre las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Pinus taeda* implantado en la provincia de Misiones. Tesis Universidad Nacional de Misiones.76 pp.

FORESTACIÓN MULTIPROPÓSITO PARA LA REGIÓN DE AYSÉN

Cisternas, Juan Carlos¹

RESUMEN

La necesidad de conciliar políticas sectoriales, metas institucionales e intereses particulares en la región de Aysén, torna compleja e incierta la decisión de establecer plantaciones forestales, particularmente si sus objetivos no recogen la pertinencia cultural con sus habitantes.

A través de una exhaustiva identificación, basada en atributos autoecológicos y homologaciones edafoclimáticas se seleccionaron dos especies nativas para forestar en Aysén con objetivos multipropósito dados por que efectivamente constituyan masa forestal, que puedan conciliar la producción ganadera y forestal sin necesidad de exclusión animal y que cumplan funciones ambientales en suelos que carecen de cobertura forestal.

La selección de especies fue contrastada con la evaluación de procesos de colonización natural que se ha estado produciendo en algunos sectores de transición hacia estepa patagónica; con experiencias de plantaciones pilotos y forestaciones tradicionales en el marco del DL 701. Las especies seleccionadas son araucaria (*Araucaria araucana*) y radial (*Lomatia hirsuta*).

De las observaciones levantadas en terreno, se concluye que araucaria puede ser establecida a una densidad de 700 plantas por hectárea, con presencia de una carga animal del tipo ovino o bovino, no superior a 0,5 y 2 unidades por hectárea, respectivamente. No ocurre daño por ramoneo y el daño mecánico por efecto del pisoteo no supera el 5% de las plantas. En este caso se concilia la producción maderera, no maderera y ganadera.

Radial puede ser establecida en laderas con avanzados procesos de erosión y con presencia de animales del tipo ovino y bovino. La especie cumple la función de protección al suelo, producción dendroenergética, abrigo a los animales, efecto nodriza para la regeneración de especies mas exigente. Concilia la producción ganadera, maderera y protección.

Palabras Claves: Forestación multipropósito; Selección especies, Araucaria, Radal

SUMMARY

The need to harmonize sectorial policies, institutional goals and particular interests in Aysen's region, turns the decision to establish forest plantations in complex and uncertain; particularly, if the aim is not gathering the cultural pertinence to the inhabitants.

Through an exhaustive identification based on autoecological attributes and edafoclimatic homologations, two native species were selected for afforestation in the region with multipurpose

¹ Corporación Nacional Forestal. Chile. juan.cisternas@conaf.cl

objectives, including that they really can constitute a forest mass without cattle exclusion, they can harmonize the cattle and forest production without the need of cattle exclusion and they fulfill environmental functions in soils currently without forest cover.

Species selection was confirmed by evaluation of natural processes that has been taking place in some sectors of transition towards Patagonian steppe and taking in due account local experiences with pilot plantations and traditional afforestation on the frame of the DL 701. The selected species were Araucaria (*Araucaria araucana*) and Radal (*Lomatia hirsuta*).

Over the basis of field data revision it is concluded that araucaria can be established to a density of 700 plants by hectare, with presence of ovine o bovine cattle, not higher than 0.5 and 2 units by hectare, respectively. There is no hurt by lop, mechanical damage over the plants is not higher than 5 % and can be combined that way wood, non wood and cattle production

Radal can be established in hillsides with serious erosion processes and with the presence of ovine or bovine cattle. The species fulfills a variety of functions, including soil protection, fuel wood production, cattle shelter and wet nurse effect for other more site demanding species, allowing that way wood, non wood and cattle production and also soil protection.

Keywords: Multipurpose forestry, Species selection, Araucaria, Radal

INTRODUCCIÓN

La región de Aysén debe apostar por diversificar los objetivos de la forestación. Se han realizado y se continúan estableciendo plantaciones con objetivos principalmente orientados a la producción de pulpa, pero su rentabilidad es dudosa y esto lo demuestra el hecho que existiendo más de un millón de hectáreas disponibles para forestar en la región, sólo se han plantado alrededor de 45 mil hectáreas durante los últimos 20 años.

A los tradicionales objetivos de la forestación (producción maderera y protección), deben incorporarse objetivos contemporáneos y con pertinencia cultural; bonos de carbono, dendroenergía, agroforestería, producción no maderera, restauración ecológica, plantaciones mixtas multipropósitos, formación de masas boscosas en interfase urbano-rural, y otros.

La diversificación también debe darse en el ámbito de las especies. Para evitar tendencias hacia monocultivos y sus eventuales consecuencias contraproducentes, surge la necesidad de evaluar alternativas técnicamente factibles y financieramente atractivas para los propietarios de la región, que permitan lograr la diversificación planteada.

Resulta indispensable identificar especies, especialmente nativas, con atributos económicos, sociales y ambientales, que se acomoden a las condiciones ambientales de la región, y encajen con el acervo cultural del mundo rural de la Patagonia chilena.

OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es destacar, a través de estudios de caso, dos especies nativas con las cuales incentivar la diversificación y complementar los objetivos de la forestación en la región de Aysén, especies que además respondan a los intereses particulares de los propietarios, y socio - ambientales del país.

Como objetivos específicos se pueden indicar los siguientes:

Identificar dos especies nativas con potencial (productivo, social o ambiental), para forestar en la región de Aysén.

Describir las características autoecológicas de las especies identificadas.

Entregar antecedentes de establecimiento, sobrevivencia, crecimiento y objetivos de forestación para estas especies.

MATERIAL Y MÉTODO

Se efectuó una identificación y selección de especies nativas, que por sus requerimientos autoecológicos, ambientales y atributos económicos y sociales, pudiesen ser de interés para incentivar las plantaciones en la región de Aysén.

La principal característica que debían tener las especies candidatas, es que pudiesen establecerse y desarrollarse con presencia de animales domésticos.

Analizando la base de datos de CONAF, se identificaron plantaciones con especies acreditadas y se les hizo un seguimiento para determinar el comportamiento en cuanto a sobrevivencia y desarrollo, durante los primeros años. Posteriormente, se hizo un chequeo en terreno de las más promisorias para levantar información dasométrica y recoger de primera fuente la opinión de los propietarios respecto de plantaciones experimentales con especies no tradicionales.

De todas las especies revisadas, araucaria (*Araucaria araucana*), fue la única que cumplía ese requisito y que además otorgaba la posibilidad de combinar la producción animal (engorda – lana - crianza), con la producción forestal (madera de alta calidad y frutos). La selección de radial (*Lomatia hirsuta*), se dio en forma casual, al observar el comportamiento de esta especie que se encuentra colonizando, con presencia de animales domésticos del tipo bovino, campos agrícolas abandonados en el sector El Maitenal de Lago Verde, comuna del mismo nombre.

RESULTADOS

Araucaria

-Clima y Suelo

El clima característico varía entre templado cálido, representado por veranos secos y precipitaciones concentradas en invierno en forma de nieve, a templado con una marcada influencia mediterránea y hasta 4 meses secos durante el verano.

La precipitación, dependiendo de la altitud y longitud, varía entre 800 mm al año (estepa argentina) hasta 4000 mm anuales con parte de ella en forma de nieve (vertiente occidental de la Cordillera de Los Andes). Las temperaturas medias fluctúan entre -5°C (con extremos de -20°C) en invierno, hasta los 30°C en verano (Di Castri y Hajek, 1976; Veblen, 1982; Veblen *et al.*, 1995; Donoso, 2006).

Los suelos en donde se distribuye la especie han sido desarrollados sobre rocas volcánicas andesíticas y basálticas cuaternarias cubiertas por capas de cenizas volcánicas recientes, pumicitas y escoria volcánica. En la Cordillera de la Costa, se han desarrollado *in situ* de antiguas rocas graníticas y metamórficas del tipo micaesquistos.

La profundidad del suelo en que crece presenta importantes variaciones dependiendo de la topografía, pero en general son delgados a moderadamente profundos (de 15 a 180 cm), de textura media a fina en la superficie y en profundidad franca arcillo arenosa. Son suelos de erodabilidad (susceptibilidad a la erosión), moderada a alta con drenaje rápido a moderado; pH ácido y bajo nivel nutricional (Donoso *et al.*, 1984; Donoso, 1993; Cortes, 2003).

-Supervivencia y Crecimiento en Plantaciones

Los antecedentes documentados en relación a plantaciones de araucaria son escasos. De acuerdo a Donoso (2006), en la región de La Araucanía se concentran los mayores esfuerzos por forestar y restaurar sitios con esta especie, pero lamentablemente no existen controles o evaluaciones sobre su desarrollo y éxito de establecimiento. No obstante lo anterior, los pocos estudios documentados son bastante heterogéneos, derivado esto probablemente de las condiciones de sitio y tipo de plantas usados (raíz desnuda, en contenedor, siembra directa).

Estudios realizados en Misiones, Argentina, con pino Paraná (*Araucaria angustifolia*), señalan que los mejores resultados, en supervivencia y crecimiento, se logran con plantas en macetas de un año, plántulas en tubete o *speedling* de cinco meses y siembra directa (Kurtz *et al.*, 2003). En la zona cordillerana de la región del Bio Bio se está plantando araucaria 1:0 en *speedling* con sobrevivencia sobre el 80% (Donoso, 2006).

En la región de Aysén, observaciones realizadas por el autor, dan cuenta de resultados disímiles. En La Junta, se realizó una plantación con araucaria a raíz desnuda en una superficie de 7 hectáreas con presencia de ganado ovino y bovino dentro de la plantación; al cabo de cuatro años, la supervivencia fue cercana al 95%. (Figura N° 1). El único daño reportado es

por pisoteo y sólo ocurrió los dos primeros años. El propietario señaló que el sector se usa como invernada, con presencia de 5 a 7 vacunos entre los meses de mayo y septiembre. Los sectores protegidos por la cobertura de copas de araucarias, no son pastados, debido a que el tipo de ramoneo de los vacunos expone la lengua a la morfología foliar (coriácea terminada en un micrón agudo tipo aguja), por lo que los animales evitan su contacto.



Figura N° 1
PLANTACIÓN DE ARAUCARIAS DE CUATRO AÑOS CON PRESENCIA DE BOVINOS

Otra plantación similar (Figura N° 2), se realizó en el mismo sector con exclusión de ganado y al cabo del primer año se logró acreditar una supervivencia cercana al 82%. Sin embargo, a partir del segundo año el pasto comenzó a ahogar las plantas, terminando por suprimirlas completamente. Al año siguiente se volvió a plantar una superficie de 14 hectáreas. Al cabo de un año se logró acreditar una supervivencia de 78%. Después del segundo año, el propietario ingresó, al rodal, animales del tipo caprino, cuyo efecto se manifiesta en el escaso desarrollo de las plantas producto del ramoneo. En este caso, este tipo de animales arranca o corta con los dientes, por lo que la morfología foliar no lo afecta.



Figura N° 2
PLANTACIÓN DE ARAUCARIAS DE TRES AÑOS CON PRESENCIA DE
CAPRINOS

Prendimientos superiores al 84% se lograron en tres plantaciones realizadas en el sector de La Tapera.

De igual modo se conocen antecedentes de una plantación realizada hace unos 10 años en la Reserva Nacional Lago Carlota, que fracasó rotundamente y en la actualidad sólo es posible encontrar algunos individuos cloróticos menores a 1 metro de altura y de mala forma.

En la localidad de Villa Ortega, se plantaron 3 hectáreas con escasa supervivencia; el replante fue exitoso sólo con plantas en contenedores.

También se sabe de forestaciones en el sector de Puerto Tranquilo (Provincia de General Carrera), con prendimientos sobre el 80% y otra de 6 hectáreas que fue afectada por sequía y cuya sobrevivencia fue de un 50%.

En cuanto a crecimiento, Donoso (2006) menciona alturas de hasta 10 m y diámetros a la altura de pecho de hasta 20 cm, en una siembra de 37 años en el Parque Nacional Tolhuaca.

En Aysén, el autor, ha encontrado araucarias de 34 años de 18 metros de altura y 39 cm de diámetro a la altura de pecho (Figura N° 3).



Figura N° 3
ARAUCARIAS DE 34 AÑOS CON PRODUCCIÓN DE PIÑONES, EN LA JUNTA

-Objetivos de la Forestación

Los objetivos de la forestación pueden variar desde la plantación tradicional de alta densidad (sobre los 1000 árboles por hectárea) para productos de alto valor comercial como madera aserrada y chapas, plantación de densidad intermedia (400 – 800 árboles por hectárea) orientada a la producción combinada y plantación de baja densidad con objetivos como protección, ornamentales o paisajísticos entre otros.

Si el objetivo es silvopastoral, se puede combinar la producción de carne, lana y crianza; la madera aserrada y chapas, y la producción de frutos. La prohibición de corta debido a su condición de Monumento Natural, quedó exenta por la Ley N° 20.283 cuando se trata de plantaciones no compensatorias.

Como ya se mencionó anteriormente, su follaje coriáceo no es palatable para animales

domésticos del tipo ovino y bovino, por lo que no requiere de exclusión animal durante los primeros años de la plantación. Debe mencionarse si, que la carga animal en la plantación no debe ser mayor a una unidad de bovino por hectárea para no generalizar el daño mecánico por pisoteo. Lo anterior no aplica para el ganado del tipo caballar, que corta y arranca con los dientes su alimentación, y de caprino, que posee un labio superior muy movable insensible al mucrón unido a una composición salivar capaz de desactivar los taninos y por tanto dificultar el proceso de cicatrización de las especies ramoneadas.

Cuadro N° 1 OBJETIVOS DE LA FORESTACIÓN CON ARAUCARIA

Producción maderera	
Producción de madera debotinada, chapas o aserrada	x
Producción de tejuelas, varas o postes	x
Producción de leña y carbón	x
Producción no maderera	
Producción de fruto, flores, semillas, esencias, aceites, miel, otros	x
Producción de follaje decorativo	
Venta de bonos de carbono	x
Producción silvopastoral	
Producción de forraje	
Protección cortinas cortaviento, cercos vivos, galpones naturales	x
Producción combinada	x
Servicios ambientales	
Protección de agua, suelos, biodiversidad	x
Realce belleza escénica, paisajismo	x
Restauración ecosistemas	x
Forestación urbana	x

Su lento crecimiento natural es la principal desventaja para incentivar su masificación. Sin embargo, con los crecimientos reportados en La Junta, no es irreal pensar en rotaciones de 80 a 100 años, alturas de 30 a 40 m y diámetros sobre 50 cm, bajo un esquema silvopastoral.

Otra desventaja es el riesgo potencial de ataque de roya, un hongo del género *Mikronegeria* que provoca la muerte del ejemplar afectado a través de la necrosis del tejido foliar. Este hongo necesita de la presencia de araucaria y de especies caducifolia del género *Nothofagus* para completar su circuito

-Sitios a Forestar

Las características climáticas y edáficas no serían limitantes para la supervivencia y desarrollo posterior de la especie en las provincias de Coyhaique y General Carrera (Cuenca del lago General Carrera).

Las probabilidades de éxito son mayores en las partes altas de las cuencas hidrográficas (altitud superior a los 500 msnm) y en la vertiente oriental de la cordillera de Los Andes, con suelos algo desarrollados y medianamente profundos.

En la Provincia de Aysén, la competencia con las especies del Tipo Siempreverde y la rápida colonización de especies heliófitas en zonas descubiertas suponen una seria competencia que limitaría el establecimiento posterior de araucaria, particularmente en el territorio insular. La especie se establece y se desarrolla favorablemente en la parte continental, en sectores con suelos profundos y bien drenados. También su establecimiento inicial es exitoso aunque con menor crecimiento en suelos nutricionalmente pobres y que han perdido su cubierta vegetal, ya sea por perturbaciones naturales o antrópicas y en donde la competencia con especies del Tipo Siempreverde no se presenta.

Radal

Radal, es un árbol que puede alcanzar más de 20 m de altura y 80 cm de diámetro en las mejores condiciones de crecimiento, donde puede desarrollar un fuste relativamente recto y cilíndrico, de corteza delgada, de color gris o ceniza con manchas oscuras y claras alternadas. Sin embargo, su morfología habitual es en forma de renoval en estado monte bravo o latizal bajo, colonizando suelos perturbados, orillas de caminos y praderas abandonadas (Donoso, 2006). En la comuna de Lago Verde, se comporta como una especie colonizadora de rápido crecimiento inicial el que decae después de los 20 años en donde alcanza diámetros promedio de 13 cm y alturas de 8 a 10 m (Cisternas y Solís, 2009).

-Clima y Suelo

La distribución de radal muestra por sí sola la gran variedad de condiciones climáticas en que ocurre. En la zona sur de su distribución se desarrolla dentro de las condiciones del clima oceánico templado húmedo en el lado occidental de la Cordillera de los Andes y dentro del clima templado seco en la vertiente oriental (Argentina).

En cuanto a suelo, no podría señalarse tipos de suelos específicos. Crece en suelos rocosos y áridos en la estepa hasta suelos trumaos profundos en la Cordillera de los Andes y suelos metamórficos variables en la Cordillera de la Costa.

-Supervivencia y Crecimiento en Plantaciones

Resultados obtenidos de un ensayo en invernadero (Donoso, 2006), indican que el inicio de la germinación ocurre treinta después de realizada la siembra. A cuarenta días de iniciada la germinación aparecieron las primeras hojas verdaderas. Luego, después de siete meses de la siembra, la altura promedio llegó a 2,4 cm. Al término de una temporada, las plantas alcanzaron una altura de 6,5 cm. Luego del replante a platabanda y posterior a una nueva temporada de crecimiento (planta 1/1), es posible obtener plantas de 28 a 32 cm de altura en promedio.

En otro estudio, realizado en el predio Las Palmas de la Universidad Austral de Chile, se midieron alturas promedios de 6.9 m en altura y 9.3 cm de DAP, después de 11 años de

establecida la plantación.

En la región de Aysén no hay antecedentes de plantaciones con radal. Su presencia es habitual en sectores en la vertiente oriental de Los Andes Patagónicos, particularmente en la comuna de Lago Verde, en donde se ha ido propagando masivamente (Cuadro N° 2 y Figura N° 4), en forma natural a través de los cursos de agua (Cisternas y Solís, 2009).

En algunas regiones meridionales del país se usa la especie para leña a causa de su abundancia relativa en ciertos lugares, como la provincia de Palena o la región de Aysén, donde esta especie creció como renuevo después de que los bosques originales fueron incendiados a mediados del siglo veinte.

También tiene aprovechamientos no madereros. De la corteza y hojas, que contiene taninos, se extrae un colorante para teñir de color café. La infusión de sus hojas inhibe la inflamación, además es apreciado como pectoral y antiespasmódico; hirviéndola con agua se obtiene un fuerte purgante (Wilhelm de Mösbach, 1999).



Figura N° 4
ETAPAS DE DESARROLLO DE RADAL EN LAGO VERDE

CUADRO N° 2
TABLA DE RODAL Y EXISTENCIAS DE RADAL EN LAGO VERDE

Clase DAP (cm)	Densidad (N/ha)	Área Basal (m ² /ha)	Volumen Bruto (m ³ /ha)
7	800	3,82	20,42
12	1.900	22,60	120,92
17	1.300	27,76	148,48
22	300	10,74	57,48
Total	4.300	64,92	347,30

-Objetivos de la Forestación

Debido a sus características de colonizador temprano, su gran capacidad de propagación, sus propiedades energéticas, su floración, y su no palatabilidad para el ganado doméstico, radal puede ser una especie altamente interesante para establecer plantaciones multipropósitos en la región de Aysén.

En suelos de aptitud forestal sometidos por más de 50 años a pastoreo directo en la localidad de Lago Verde en particular y en la región en general, el establecimiento inicial y rápida colonización de radal constituye una buena solución al proceso de erosión de suelos originado con la destrucción del bosque nativo primario aproximadamente en la década de 1930. Este comportamiento lo consigue gracias a la dispersión anemófila de sus semillas, su alta capacidad germinativa, su rápido crecimiento y su capacidad de reproducción vegetativa.

En las áreas en que se produce una fuerte alteración del bosque (especialmente en el tipo Siempreverde o bosques donde participa coigüe), puede formar bosquetes de segundo crecimiento o renovales.

En ausencia de nuevas perturbaciones, empiezan a surgir las especies que constituían el bosque original y los individuos de radal mueren o caen a medida a medida que van siendo superados en desarrollo y vigor por las otras especies, por lo tanto puede ser una especie interesante para restaurar bosques del Tipo Siempreverde o Lengua.



Figura N° 5
RADAL DE 25 AÑOS Y 28 CM DE DIÁMETRO

La madera del radial es altamente cotizada por su calidad, asimilándose en su aspecto y aplicación al nogal americano. Es liviana, elástica, de color gris y con vetas muy parecidas a las del notro y avellano. Es utilizada para mueblería, chapas y artesanía entre otros usos (Del Fierro *et al.*, 1998). También se ha introducido su cultivo en España y Escocia como especie ornamental.

Según antecedentes empíricos otorgados por los propios pobladores de Lago Verde, el radial tiene regeneración de tocón vigorosa sólo en los estados juveniles, no así en bosque adulto, lo cual indica que radial es una especie pionera, temporal y facilitadora para el acceso de especies nativas más exigentes como ñire, maitén y coihue en etapas posteriores.

La baja palatabilidad del follaje del radial respecto de las especie acompañantes (ñire, maitén, coigüe, coligüe), le otorga una ventaja adicional ya que no entra en conflicto con la ganadería de tipo extensivo que se realiza en la región y por tanto pueden coexistir perfectamente con unidades silvopastorales.

Debido a su alta producción de biomasa (Cuadro N° 2), con una producción volumétrica media superior a los 11 m³/ha/año (superior en casi 100% al crecimiento de lenga), puede ser interesante también desde el punto de vista dendroenergético.

En el Cuadro N° 3 se indica los principales objetivos para la forestación con radial en la región.

**Cuadro N° 3
OBJETIVOS DE FORESTACIÓN CON RADAL**

Producción maderera	
Producción de madera debobinada, chapas o aserrada	
Producción de tejuelas, varas o postes	
Producción de leña y carbón	x
Producción no maderera	
Producción de fruto, flores, semillas, esencias, aceites, miel, otros	x
Producción de follaje decorativo	
Venta de bonos de carbono	x
Producción silvopastoral	
Producción de forraje	
Protección cortinas cortaviento, cercos vivos, galpones naturales	x
Producción combinada	x
Servicios ambientales	
Protección de agua, suelos, biodiversidad	x
Realce belleza escénica, paisajismo	x
Restauración ecosistemas	x
Forestación urbana	x

-Sitios a Forestar

Las características climáticas y edáficas no serían limitantes para la supervivencia y desarrollo posterior de la especie en las provincias de Coyhaique y General Carrera. Su establecimiento inicial puede ser en suelos nutricionalmente pobres y que han perdido su cubierta vegetal, ya sea por perturbaciones naturales o antrópicas y en donde la competencia con especies del Tipo Siempreverde no se presenta en las etapas iniciales de colonización.

También puede ser usada como especie nodriza que facilite el acceso, en forma natural o a través de plantaciones, al establecimiento de especies con requerimientos de sitios más exigentes, tales como lenga en suelos carentes de cubierta vegetal o de especies tolerantes en suelos perturbados.

En las provincias de Coyhaique y General Carrera las probabilidades de éxito son mayores en las partes altas de las cuencas hidrográficas (altitud superior a los 500 msnm) y en la vertiente oriental de la cordillera de Los Andes, con suelos algo desarrollados y medianamente profundos

DISCUSIÓN

La actividad forestal en Chile se ha desarrollado como un sistema de producción sin integración a la actividad agrícola y ganadera. Los paquetes tecnológicos han consistido en

modelos productivos mono-específicos que requieren de fuertes concentraciones de tierra, capital y tecnología, sin soluciones mixtas o forestalmente integradas. Los sistemas de plantación, así como los esquemas de manejo existentes, se ajustan por lo tanto a plantaciones masivas orientadas a la producción a gran escala, modelo de difícil réplica a escala pequeña e inadecuada a las necesidades y posibilidades del sector campesino de la región de Aysén.

En efecto, desde la promulgación del DL 701 en el año 1974, en la región de Aysén se han establecido cerca de 45 mil hectáreas de plantaciones. De ellas sólo un poco más de 30 mil han sido acreditadas; es decir, en promedio 850 hectáreas por año. Para una región con casi 1 millón de hectáreas en diferentes estados de erosión y sin cubierta vegetal (CONAF – CONAMA, 1999), de las cuales 500 mil corresponderían a suelos productivos (Moreno, 2008), se requerirían 700 años para forestarlas. Otra paradoja es que el 99% son plantaciones mono-específicas con objetivos de protección o producción de madera y el 99,7% corresponde a plantaciones con especies exóticas.

La importancia de las plantaciones multipropósitos radica en su habilidad para aumentar la productividad, permitiendo que el rendimiento del suelo no se vea disminuido en el curso de los años. Además de ello, son sistemas que permiten recuperar áreas degradadas y con conflictos de usos. Integrar árboles, cultivos agrícolas y ganado crea un sistema de manejo del suelo para generar productos comerciales mientras se mantiene productividad a largo plazo. Se reduce el riesgo económico porque el sistema ofrece productos múltiples, la mayoría de los cuales tienen un mercado establecido. Se reducen los costos de producción y la flexibilidad de la comercialización es realzada distribuyendo costos del manejo entre la madera, los componentes del ganado y los productos agrícolas (Klopfenstein *et al.*, 1997).

A partir de lo anteriormente expuesto, se puede indicar cuáles son las principales ventajas de las plantaciones multipropósitos, que hacen de ellas un instrumento de desarrollo adecuado para las comunidades campesinas de la región. Las ventajas de los sistemas mixtos en comparación con los sistemas basados en monocultivo se exponen a continuación:

Micro-ambiente favorable para los animales: El micro-clima que se crea bajo los árboles beneficia también a los animales domésticos que se mantienen más frescos a la media sombra que bajo el fuerte sol. Aunque en las condiciones de pastoreo en praderas artificiales, los bovinos tienden a pastar preferiblemente en las horas más frescas, ciertamente su consumo se ve limitado tanto por razones de regulación del balance térmico como por restricciones del horario de pastoreo.

Expansión de la Biodiversidad: Estas plantaciones establecidas para la producción multipropósito también favorecen gradualmente el aumento la biodiversidad de especies animales silvestres, y la recuperación de los nutrientes presentes en la vegetación original a partir de la extracción de los mismos del subsuelo.

Potencial de Fijación de Carbono: Aunque recientemente se ha calculado el potencial de fijación de carbono atmosférico en praderas con pastos mejorados, la capacidad de fijar carbono, y con esto contribuir a reducir el efecto invernadero, de los sistemas mixtos (silvopastorales) es significativamente superior a cualquier monocultivo.

Ventajas adicionales a nivel de predio: La introducción de especies arbórea en el predio proporcionan beneficios adicionales como protección de mini-cuencas, incluyendo la protección del suelo contra la erosión principalmente en áreas de pendiente; producción de postes, estacas y madera; protección del viento; y embellecimiento del entorno.

Beneficios económicos: Productores o agricultores obtienen beneficios económicos que satisfacen sus necesidades de leña, postes, varas, madera de aserrío, frutas, alimento para el ganado, flores para miel, productos medicinales, otros.

Reducen la dependencia asociada a monocultivos: Problemas originados en regímenes pluviométricos irregulares, fluctuaciones de mercado, propagación de plagas; dificultad para adquirir plaguicidas, fertilizantes, maquinaria o repuestos, concentrados para ganado, etc. que con frecuencia suben su costo drásticamente.

Flujos de caja: Las inversiones económicas asociadas al establecimiento de árboles cosechables pueden aminorarse considerablemente gracias a los beneficios de cultivos anuales durante los primeros años de crecimiento de los árboles. En algunos casos, puede aumentar el número de años asignados para estos cultivos, por medio de raleo, poda o manipulación de copas superiores, de modo que también se pueden obtener beneficios económicos adicionales (postes, leña) en los primeros años de desarrollo de los árboles.

Control e malezas: La presencia de árboles usualmente disminuye los costos de control de malezas; además pueden emplearse para cercas y otros mecanismos preventivos contra la usurpación de tierras.

Distribución del trabajo: Se flexibiliza la distribución de la carga de trabajo durante el curso del año y se utiliza mano de obra local.

Mejoramiento de suelos: Los árboles aportan nutrientes mediante la materia orgánica del follaje, el ganado incorpora estiércol y hay fijación de nitrógeno cuando se usan leguminosas.

Obviamente hay un campo considerablemente amplio para mejorar, por medio del diseño, otros sistemas más productivos y con mayores rendimientos, asociando especies más deseables de plantas y animales, en espacio y tiempo, y basados en la experiencia local y mundial, estabilizando los patrones de la agricultura de subsistencia, al promover la diversificación de cultivos agrícolas asociados a especies arbóreas.

La transición desde un modelo industrial mono-específico a otro mixto y con pertinencia regional, debe ser viable y sostenida, para esto los protagonistas no pueden ser los organismos públicos, tampoco los iniciados o interesados en el tema como forestales, ecólogos, voluntarios externos, tampoco las universidades o centros especializados, sino los propios campesinos, en el entendido que el problema de la participación es determinante y no sólo un componente folclórico del desarrollo rural.

CONCLUSIONES

Existen especies nativas, que no crecen en forma natural en la región, que se adaptan fácilmente a las condiciones ambientales. Araucaria ha demostrado ser una especie que se adapta bien a los requerimientos de los campesinos de la región, por cuanto no requiere de exclusión de animales para su establecimiento y desarrollo posterior. Por tanto su establecimiento no es incompatible con la ganadería.

El mucrón coriáceo de las hojas reprime el ramoneo de ovinos y bovino de las plantas de araucarias. En el caso de caballares y caprinos, éstos ramonean las plantas de araucarias y por tanto no es recomendable introducirlas en etapas tempranas de la plantación

El único daño reportado es por pisoteo y según los propietarios entrevistados, este se produce durante los dos primeros años de la plantación.

En condiciones de suelos profundos y bien drenados, araucaria puede crecer a tasas anuales promedios de 1 cm de diámetro y 0,5 metros en altura. Por lo que no es ilusorio pensar en rotaciones de 80 a 100 años con diámetros superiores a 50 cm y alturas de 30 a 40 m.

El crecimiento en forma natural de radial en suelos de la comuna de Lago Verde, supera los 11 m³/ha/año. Superior en casi un 100% al crecimiento de bosques de lenga o especies del Tipo Siempreverde.

La producción de biomasa en radial se concentra en los primeros 20 años, después decae y comienza a ser reemplazado por especies más exigentes en cuanto a condiciones de sitios.

El rápido crecimiento inicial de radial, unido a la habilidad de rebrotar de tocón, le permite establecerse exitosamente incluso en presencia de animales domésticos del tipo bovino.

Araucaria, puede proveer madera de alta calidad, frutos, y abrigo al ganado bajo un modelo mixto silvopastoral.

Radial puede proveer leña, abrigo al ganado y protección al suelo, además de facilitar el acceso de especies exigentes y de mayor interés desde el punto de vista maderero o de la restauración ecológica.

REFERENCIAS

- Cisternas, J. C., Solís, R., 2009.** Propuestas de Manejo para el Radal en la Comuna de Lago Verde. Documento Técnico. Corporación Nacional Forestal, Región de Aysén. 12 páginas
- CONAF/CONAMA, 1999.** Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Nacional con variables ambientales. Región de Aysén. Santiago. Chile. 90 pp.
- Cortes, M., 2003.** Dinámica y Conservación de Araucaria araucana en la Cordillera de la Costa de Chile. Tesis Facultad Ciencias Forestales Universidad Austral de Chile. Valdivia. 112 páginas
- Del Fierro, P.; Pancel, L.; Rivera, H.; Castillo, J., 1998.** Experiencias Silviculturales del Bosque Nativo Chileno. Recopilación de Antecedentes para 57 Especies Arbóreas y Evaluación de Prácticas Silviculturales. PCMSBN. CONAF. Santiago. Chile. 420 páginas
- Donoso, C., 2006.** Las especies Arbóreas de los Bosques Templados de Chile y Argentina. Autoecología. Marisa Cuneo Ediciones. Valdivia. Chile. 678 páginas
- Donoso, Claudio, 1993.** Bosques Templados de Chile y Argentina. Editorial Universitaria. Santiago. Chile. 483p
- Donoso, C.; Gerding, V.; Olivares, B.; Real, P.; Sandoval, V.; Shlatter, R. y Schlegel, F., 1984.** Antecedentes para el Manejo del Bosque Nativo de Forestal Arauco (Sector Cordillera de Nahuelbuta). Informe de Convenio N° 74. Universidad Austral de Chile. 183 páginas.
- Di Castri, F. y Hajek, E., 1976.** Bioclimatología de Chile. Imprenta-Editorial de la Universidad Católica de Chile. Santiago. 129 páginas
- Moreno, P., 2008.** Aysén: Perspectivas y Desafíos para un Uso Sustentable. En Seminario Bosques Nativos: Oportunidades para el Desarrollo Rural. Instituto Forestal. Valdivia. Chile
- Klopfenstein, N; Rietveld, W. y Carman, R., 1997.** Silvopastoreo: An Agroforestry Practice USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, National Agroforestry Center, East Campus - UNL, Lincoln. Disponible en: <http://www.unl.edu/nac/pubs/afnotes/sil-1/index.html>
- Kurtz, V.; Ferruchi, M.; Marecos, V. y Bullman, A. 2003.** Comparación entre Diferentes Técnicas de Establecimiento de Plantaciones de Araucaria angustifolia, en Misiones, Argentina. Novenas Jornadas Técnicas Forestales. INTA-FCF-MEYRNRYT-EI Dorado, Misiones, Argentina
- Veblen, T., 1982.** Regeneration Patterns in Araucaria araucana Forest of Chile. Journal of Biogeography 9:11-28.
- Veblen, T.; Burns, B.; Kitzberger, T.; Lara, A. and Villalba, R., 1995.** The Ecology of the Conifers of Southern South America. In.: Enright N & R. Hill (Eds). Ecology of the Southern Conifers. 120-155 p.
- Wilhelm de Mösbache, E., 1999.** Botánica Indígena de Chile. Primera Edición. Editorial Andrés Bello. Santiago. Chile. 140 Páginas

BASES PARA EL DESARROLLO DE UN PROYECTO FORESTAL CON PLANTACIONES DE ÁLAMOS EN EL VALLE IRRIGADO DE GOBERNADOR GREGORES, ARGENTINA.

Davel, M.M.¹⁽⁴⁾; Fernández, M.V.¹⁽⁴⁾; Gabriel, J.C.²; Núñez, H.R.⁽²⁾; Peri, P.⁽³⁾, Alonso, M.V. ¹⁽⁴⁾

RESUMEN

En la región Patagónica, la ganadería es la principal actividad económica desde hace más de un siglo. Hoy existen, en el área de estudio, alrededor de 1.000 ha sistematizadas para riego con potencial para el cultivo de frutas finas, hortalizas y pasturas. La zona presenta fuertes vientos que tienen efectos nocivos sobre los cultivos, el ganado y el suelo, disminuyendo el nivel de productividad.

La instalación de cortinas protectoras permitiría mejorar la producción agropecuaria en cantidad y calidad. En este contexto se desarrolló el presente proyecto, que tuvo como objetivo general realizar un plan de desarrollo forestal en Gobernador Gregores (zona centro de la provincia de Santa Cruz), a partir de la instalación de cortinas de salicáceas asociadas a las actuales actividades productivas.

El proyecto se dividió en seis etapas que consistieron en la realización de un diagnóstico socio-productivo, la zonificación del área potencial en clases de aptitud para forestar, el análisis del crecimiento de las cortinas en cada una de las clases, la instalación de plantaciones demostrativas, la estimación del incremento de la rentabilidad predial debido a la incorporación de cortinas y una propuesta de desarrollo forestal para el área.

El diagnóstico socio – productivo determinó que las actividades agrícolas y ganaderas se desarrollan en forma complementaria a las urbanas y extractivas. El tamaño promedio de las chacras es de 60,4 ha y las principales actividades productivas son la cría extensiva de ganado ovino, la producción de pasturas y, en menor medida, de fruta fina y hortalizas. Estos productos se comercializan en la zona, con excepción de algunas manufacturas de tipo agropecuario, como por ejemplo la producción de ajo y lana, que trascienden la provincia. La actividad forestal es reducida y se limita a la producción de plantas que se comercializan principalmente en otras zonas de la provincia. Además se determinaron los factores que favorecen y obstaculizan el desarrollo de la zona.

En el área de estudio de 4.822 ha, se determinó una superficie forestal potencial de 2.387,4 ha, que se clasificó en dos clases de aptitud para el cultivo de salicáceas; apta (36%) y

1 Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP). Ruta 259 km 4 CC14. Esquel, Chubut. Investigadores. mdavel@ciefap.org.ar ; mvfernandez@ciefap.org.ar

2 Consejo Agrario Provincial. Av. Roca 976, Río Gallegos, Santa Cruz. juancarlosgabriel@hotmail.com.ar; desarrollolocal@argentina.com

3 INTA Santa Cruz. pperi@correo.inta.gov.ar

4 Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco – Ruta 259 km 4. Esquel, Chubut. Docentes

medianamente apta (64%). Los valores promedio de crecimiento en altura fluctúan en torno a 45 cm/año y en volumen 3 m³/año cada 100 m de cortina.

Los cultivares que presentaron mejores comportamientos son: *Populus nigra* 'Italica'; *Populus nigra* 'Moissac' y *Salix matsudana x alba* RA 524-43. Se definió el diseño de cortinas para cada tipo de cultivo y en base a ello se realizaron plantaciones demostrativas y se analizaron indicadores de rentabilidad y de flujo de caja incremental, por la incorporación de cortinas asociadas a la producción de pasturas. El VAN incremental resultó positivo en todos los casos.

Con toda la información generada se diseñó una propuesta de desarrollo forestal, factible desde el punto de vista socio-económico, que implica la forestación de 100 ha/año con cortinas de salicáceas con fines de protección, durante los primeros 17 años. Esto implica instalar 11.000 metros de cortinas por año.

A partir de los 39 años, se estima que estas cortinas aportarán como producción secundaria, unos 6.500 m³/año de madera rolliza y unos 2.500 m³/año de leña y permitirán la expansión de la actividad agrícola en forma sustentable.

Palabras clave: *Populus nigra* Italica; *Populus nigra* Moissac y *Salix matsudana x alba* RA 524-43, Patagonia.

BASIS FOR THE DEVELOPMENT OF A FOREST PROJECT WITH POPLAR PLANTATIONS IN THE GOBERNADOR GREGORES IRRIGATED VALLEY, ARGENTINA.

SUMMARY

In Argentine Patagonia, livestock grazing has been the main economic activity during the last century. Today, there are about one thousand hectares systematized for irrigation activities with potential cultivation of berries, vegetables and pastures. The whole region presents strong winds which have damaging effects upon crops, animals and soils, by diminishing their productivity.

The establishment of wind breaking barriers could be a mean to improve crops and livestock production either in quantity and quality. Within this context, this project was developed with the general objective of carry out an afforestation development plan in Gobernador Gregores (center of Santa Cruz Province), based on the establishment of wind breaking barriers (*Populus* and *Salix* spp.) associated to areas with existing productive activities.

The project was divided into six phases, which consisted in making a diagnosis about the socio-productive activities, subdivision of areas in different afforestation classes, analyze the growth capabilities of wind braking barriers within each defined class, installation of demonstrative plantations, economic analysis of rentability of each farm due to the incorporation of wind breaking barriers, and to make a forest development proposal for the area.

The socio-productive diagnosis determined that crop and livestock activities are developed complementary to urban and extractive economic activities. The mean size of the farms is 60.4 ha, and their main activities are extensive sheep and pasture production, and to a lesser degree fruit and vegetables production. These products are marketed into the surrounding zone with the exception of wool and garlic that are marketed beyond the provincial limits. Forest activity is limited and reduced to tree seedling production that generally is marketed into other areas of the same province. In this diagnosis are also determined the factors that favor or hinder the economic development of the area.

Within the study area, which comprised 4,822 ha, was determined that 2,387.4 ha have an afforestation potential, of which 36% are very suitable for the cultivation of *Populus* and *Salix* spp., while the rest (64%) is relatively suitable for *Populus* and *Salix* spp. cultivation. The mean growth values in height are around 45 cm/year, and in volume close to 3 m³/year, for every 100 m of wind break barrier.

The best growth behavior was obtained with *Populus nigra* 'Italica'; *Populus nigra* 'Moissac' and *Salix matsudana* x *alba* RA 524-43. The design of the wind breaking barriers was defined for each kind of plantation and based on that demonstrative trials were established and the economic analyses of rentability due to the incorporation of these barriers was done. The VAN was positive in all cases.

With the generated information an economically feasible forest plan that implies the afforestation of 100 ha/year for the next 17 years was determined. These numbers mean to plant 11,000 m of wind breaking barriers per year.

It is estimated that from the year 39 after plantation, these wind breaking barriers would produce 6,500 m³ of round wood and about 2,500 m³ of firewood per year, and would allow to expand agricultural activities in a sustainable way.

Key Words: *Populus nigra* Italica; *Populus nigra* Moissac and *Salix matsudana x alba* RA 524-43. Patagonia

INTRODUCCIÓN

La zona de estudio se caracteriza por un clima semiárido con fuertes vientos, donde el déficit hídrico puede ser compensado en parte mediante el riego. Sin embargo esta práctica, para que sea eficiente, debe ser acompañada con una adecuada protección mediante la instalación de cortinas cortaviento.

En el valle existe una superficie cercana a las 1.000 ha que está sistematizada para riego. También existen algunos pocos ejemplos, pero muy demostrativos, de predios con riego, cortinas y producción de pasturas, hortalizas y algunos frutales que contrastan fuertemente con la gran mayoría de los predios no forestados.

En este marco, la incorporación de la actividad forestal se presenta como una alternativa para revertir los procesos de desertificación, aumentar y diversificar la producción, enriquecer el paisaje y al mismo tiempo incrementar las fuentes de empleo. Además, si estas cortinas son adecuadamente manejadas brindarán, como beneficio adicional, la posibilidad de extraer madera y leña.

En los últimos años la población de Gobernador Gregores se ha incrementado en forma importante por la actividad minera, basada en un recurso que no es renovable y, por lo tanto, es limitado en el tiempo. Esto lleva a que se deban buscar alternativas que cubran, aunque sea en parte, los efectos de la culminación de la minería.

En el contexto indicado, la actividad agroforestal se presenta como una alternativa válida y sustentable. La instalación de cortinas forestales se ve favorecida además por la existencia de subsidios nacionales que se entregan a los productores que forestan y a la existencia de conocimientos científicos y técnico para la producción del material de plantación, el establecimiento de las plantaciones y su manejo posterior.

En base a esta situación se desarrolló este proyecto entre el CIEFAP y el Consejo Agrario Provincial de Santa Cruz (CAP), que tuvo como objetivo general realizar un plan de desarrollo forestal del área a partir de la instalación de cortinas de salicáceas asociadas a las actuales actividades productivas. El mismo cuenta con la colaboración de personal de la Fundación Bosques de la Patagonia, la Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA), la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB), el INTA, la Escuela

Agrotécnica y productores de Gobernador Gregores, y es financiado por SECTyP. El proyecto constó de seis etapas:

- Diagnóstico de la situación socio-productiva de propietarios o grupos de propietarios con disponibilidad de tierras con potencial para el establecimiento de plantaciones bajo riego.
- Determinación del área potencial para forestar con salicáceas y zonificación de la misma por clases de aptitud.
- Evaluación de los crecimientos de las plantaciones existentes en el área.
- Instalación de plantaciones demostrativas.
- Estudio de viabilidad económica para el establecimiento de plantaciones bajo riego.
- Propuesta de desarrollo forestal para el área y acciones de transferencia.

MATERIAL Y MÉTODO

Primera Etapa. Diagnóstico de la situación socio-productiva de productores con disponibilidad de tierras para el establecimiento de plantaciones bajo riego

Para la realización del diagnóstico se hizo un relevamiento de datos primarios a través de una encuesta semi-estructurada realizada a los productores. Esta información se complementó con datos secundarios obtenidos de material bibliográfico y estadístico relacionado y trabajos sobre el tema realizados con anterioridad.

Para el trabajo de campo se realizó un muestreo de tipo no probabilístico. La unidad de análisis la constituyeron aquellos productores con disponibilidad de suelos aptos para la forestación con salicáceas. La muestra estuvo constituida por 32 propietarios, lo que representa alrededor del 60% de los productores. Respecto del área de cobertura, la muestra representó el 40 % del total del área de estudio y aproximadamente el 81% de la que comprende la zona apta para plantar álamos.

Segunda Etapa. Determinación del área potencial para forestar con salicáceas y zonificación por clases de aptitud

En un estudio previo, a partir de imágenes satelitales, se determinó la superficie del área de estudio de 4.348 ha y, dentro de la misma, la superficie potencial para forestar con salicácea de 2.583,6 ha (Davel *et al.*, 2007). Sobre esta última superficie se realizó un chequeo a campo y se tomaron datos para la zonificación por clases de aptitud. Para ello se recorrió el área tratando de cubrir las distintas situaciones que se presentaban, teniendo en cuenta principalmente el tipo de vegetación y las especies presentes.

En cada punto de muestreo se obtuvo una muestra de suelo, entre los 30 y 60 cm de profundidad, para realizar los análisis en laboratorio (pH, salinidad, contenido de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible y potasio asimilable). Además, se determinó la

profundidad efectiva con un barreno de suelos y la textura al tacto y se tomó información de altitud, latitud y longitud con GPS. En total se establecieron 82 puntos de muestreo distribuidos en los predios de 45 productores. Esta información fue cargada en un sistema de información geográfica. En el Cuadro N°1 se presenta un resumen de la información obtenida en todos los puntos de muestreo.

Cuadro N° 1
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LAS VARIABLES DE SITIO MEDIDAS EN EL TRABAJO DE CAMPO

Variable	Promedio	Máximo	Mínimo	Desviación Estándar
Profundidad efectiva del suelo (m)	0,7	1	0,2	0,2
Pedregosidad (%)	1,8	33	0	5,3
Altitud (msnm)	283	305	265	9,4
Latitud		48°48'04"	48°44'15,6"	
Longitud		70°29'15,8"	70°10'33"	
Pendiente (grados)	0,1	2	0	0,3
pH	7,8	8,7	6,0	0,6
Salinidad (conductividad dS/m)	0,6	2,7	0,1	0,5
Materia Orgánica (%)	1,7	2,9	0,7	0,5
N (% N Total)	0,09	0,15	0,05	0,04
P disponible (mg/kg)	23,18	66	3	16,24
K asimilable (mg/kg)	92,22	283	35	54,33

En cuanto a la textura, el 33% de los sitios presentaban suelos franco arcillosos a arcillosos, el 39% textura franca a franca arenosa y el resto corresponde a suelos donde predominan arena y arcilla mezcladas (arcillo arenosos a franco arcillo arenosos).

Posteriormente y en base a información bibliográfica (FAO, 1980; Riu et al., 1988; Suarez, 1993; Menoyo *et al.*, 1994; Deschamps y Wright, 1997; Amico, 2001; García, 2002), cada punto fue clasificado según su aptitud en:

- **Sitios no aptos:** Se consideraron así aquellos que presentan problemas de salinidad (conductividad eléctrica mayor a 0,9 dS/m), suelos sódicos (PSI igual o mayor a 15%), suelos muy pesados (arcillosos) y poco profundos (menos de 0,50 m). En estas condiciones estas especies no pueden desarrollarse.
- **Sitios medianamente aptos:** Se clasificaron en esta categoría aquellos que no tienen problemas de salinidad ni sodicidad, pero que tienen alguna otra limitante como alto

porcentaje de arcilla, pH elevado, pedregosidad, otras. En ellos los álamos desarrollan pero sus crecimientos son muy lentos.

- **Sitios aptos:** Son los que presentan suelos profundos (>0,80 m), textura franca y sin ninguna de las limitantes mencionadas anteriormente. En ellos los álamos alcanzan los mejores crecimientos en la zona.

Tercera Etapa. Crecimiento de las plantaciones existentes dentro del área potencial y para cada clase de aptitud de sitio

Para estudiar el crecimiento se tomó información en el terreno midiendo plantaciones presentes en las distintas clases de aptitud y se recopilaron trabajos existentes en la zona sobre este tema (Peri *et al.*, 1997; Peri y Monelos, 1998; Peri y Martínez Pastur, 1998). En total se tomó información de 39 cortinas, de las cuales 21 se ubicaron en sitios medianamente aptos, 17 en sitios aptos y una sola cortina en un sitio no apto.

Para este análisis, si bien se midieron cortinas de diferentes especies, solo se consideraron las cortinas de álamo criollo por ser la especie presente mayoritariamente en el área (80% de las cortinas). En cada una de las cortinas se instaló una parcela lineal que incluyera 20 árboles y, en cada uno de ellos, se midió el DAP (diámetro a la altura del pecho) con cinta diamétrica y la altura total con clinómetro. La edad se determinó sobre tarugos extraídos con un barreno de Pressler. El volumen individual se estimó con la ecuación regional ajustada por Peri y Martínez Pastur (1998) para álamo criollo.

Con esta información se determinaron los crecimientos medios en diámetro, altura y volumen. Por último, de cada cortina, a partir de la altura dominante (altura promedio de los 10 árboles más altos cada 100 m de cortina) y la edad, se estimó el índice de sitio (IS) a partir del modelo ajustado para álamo criollo por Peri y Martínez Pastur (1998). Se considera como edad de referencia 40 años, por lo tanto, el IS es la altura dominante de la cortina a los 40 años.

Cuarta Etapa. Instalación de plantaciones demostrativas

Para la elección de los predios donde instalar las plantaciones demostrativas se procuró cubrir las distintas clases de aptitud y se tuvo en cuenta el interés de los productores, la ausencia de ganado y la accesibilidad.

Quedaron seleccionados cinco predios, uno en sitio apto y cuatro en sitios medianamente aptos. Cuatro de estas plantaciones se realizaron en primavera y, por inquietud de los productores, la restante se realizó en otoño a fin de ver ventajas y desventajas de cada época de plantación.

En base a la altura final de las cortinas en cada clase de aptitud, el cultivo a proteger y la velocidad media del viento durante el período de crecimiento de los cultivos (8 m/s) se definieron los diseños de las cortinas (Cuadros N° 2 y N° 3).

Se consideró el uso de cortinas principales densas (porosidad óptica menor a 15%) para la protección de cultivos sensibles al viento (frutilla, lechuga) y cortinas principales

semipermeables (porosidad óptica entre 15 y 45%) para cultivos semi-resistentes al efecto del viento (alfalfa, ajo). Las especies utilizadas fueron *Populus nigra* 'Itálica' (álamo criollo) y *Salix matsudana x alba* RA 524-43 (Sauce 524-43).

Cuadro N° 2
DISEÑO DE LAS PLANTACIONES INSTALADAS INDICANDO CLASE DE APTITUD, LARGO Y TIPO DE CORTINA, DISTANCIAMIENTOS Y ESPECIES UTILIZADAS.

Productor	Clase de aptitud	Largo Cortina (m)	Tipo de cortina / Número de Cortinas	Distanciamiento (m)		Especie
				Filas	Plantas	
1	Medianamente apto	100	Principal densa doble / 2	2	2 1	sauce 524-43 álamo criollo
2	Apto	150	Principal simple semipermeable / 1		1,2	álamo criollo
3	Medianamente apto	100	Principal semipermeable / 2		1,2	álamo criollo
		100	Secundaria		1,5	sauce 524-43
4	Medianamente apto	100	Principal densa doble / 1	2	2 1	sauce 524-43 álamo criollo
		100	Principal densa doble / 1	1,5	1	álamo criollo
5	Medianamente apto	200	Principal simple semipermeable / 1		1,2	álamo criollo

Previo a la plantación se preparó el sitio con una pasada de subsolador, dos pasadas de arado, dos pasadas de rastra y se realizó el canal de riego con zanjeador. Los hoyos se realizaron con una hoyadora conectada a la toma de fuerza de un tractor. Las plantas utilizadas fueron barbados de 2 años producidos en la zona.

Se aplicó fertilizante (NPK triple 15 en una dosis de 150 g/planta) en el hoyo de plantación y se colocaron protecciones contra liebres. Estas protecciones consistieron en una red, en forma de tubo, de aproximadamente 50 m de largo y un diámetro de 18 cm, que se puede cortar al largo deseado. En este caso fueron cortadas a aproximadamente un metro para poder enterrarlas unos 20 cm y para que tengan una altura sobre el suelo suficiente en caso de nevadas.

Una vez pasado el primer período de crecimiento se realizó una evaluación de las plantaciones instaladas en base al porcentaje de supervivencia y la evaluación de daños por liebre.

Cuadro N° 3
DISTANCIAMIENTO ÓPTIMO ENTRE CORTINAS DENSAS Y SEMIPERMEABLES
BASADO EN LA ALTURA DE CORTINAS CORTAVIENTO PARA LAS DIFERENTES
CLASES DE APTITUD

Clase de Aptitud	Altura Final Cortina (m)	Tipo de Cortina	Distanciamiento Óptimo entre Cortinas (m)
Apto	25,6	Densa	75
		Semipermeable	230
Medianamente Apto	21,5	Densa	63
		Semipermeable	194
No Apto	13,7	Densa	40
		Semipermeable	123

Quinta Etapa. Estudio de viabilidad económica para el establecimiento de plantaciones bajo riego

Para realizar una apreciación económica de los efectos de la incorporación de cortinas cortavientos, asociadas a otras actividades productivas, se seleccionaron tres alternativas de cultivos existentes en la zona. Estos fueron frutilla y dos rotaciones diferentes; una de ajo, alfalfa y avena y otra de alfalfa y avena. El objetivo de las pasturas, en ambos casos, fue la producción de fardos.

El análisis de los efectos económicos de la incorporación del álamo, se realizó mediante la evaluación de indicadores de rentabilidad aplicados a un flujo de caja incremental. Éste considera solamente los egresos e ingresos monetarios adicionales, en aquellos proyectos productivos agropecuarios que ya se encuentran en marcha sin cortinas de protección (Sapag Chain y Sapag Chain, 1997). Lo que en definitiva se intenta comprobar es la mejora en el rendimiento económico que puede provocar la incorporación de la actividad forestal dentro del esquema productivo actual.

Se consideraron como costos incrementales los costos de instalación de las cortinas, las actividades silviculturales asociadas al mantenimiento de las mismas y los mayores costos de cosecha por incrementos en la producción de los cultivos. Asimismo, se consideraron incrementales los ingresos producidos por la venta de los productos maderables y leña durante el horizonte de planificación, las mejoras en el rendimiento de los cultivos debido al efecto protector de las cortinas y los ingresos extras provenientes de los planes de promoción nacional. El incremento en el rendimiento de los diferentes cultivos, por los efectos de las cortinas protectoras, fue extraído de estudios realizados por Peri y Utrilla (1997), Peri *et al.* (1998a) y Peri *et al.* (1998b).

Los indicadores de rentabilidad que se utilizaron para evaluar las diferentes alternativas

son el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Si bien se conocen las deficiencias de la TIR como método de evaluación de proyectos de inversión, se la incorporó para obtener información adicional, y poder conocer la tasa máxima de descuento que aceptaría el proyecto para que este siga siendo rentable (Brealey y Myers, 1993). El criterio de decisión indica que cuando el VAN del Flujo de Caja Incremental arroja resultados positivos se concluirá que es rentable la incorporación de las cortinas dentro del esquema productivo existente.

El horizonte de planificación del proyecto será el que establece la cosecha de la cortina protectora. En este caso se consideró el momento en que el diámetro de los árboles alcanza los 40 cm. Para el sector en estudio se utilizó una tasa de descuento estimada en el 8%, que representa la rentabilidad mínima que se le exige generalmente a proyectos forestales (Davel, 2008 y Loguercio *et al.*, 2006).

Los flujos de caja para las rotaciones de pasturas y pasturas con ajo se calcularon para una superficie mínima de 5 ha, prorrateando los ingresos y egresos por hectárea. El flujo de caja incremental para la producción de frutillas no se analizó, puesto que para poder llevar adelante la actividad es absolutamente necesario el establecimiento de cortinas protectoras. Es por ello que el estudio se limitó al análisis de los costos de producción y establecimiento del proyecto productivo.

Sexta Etapa. Propuesta de desarrollo forestal para el área y acciones de transferencia.

Para la propuesta se realizó una simulación de un plan de desarrollo forestal acorde con la actividad socio-económica actual de la zona de estudio y que, por otro lado, utilice como insumo la información producida a lo largo del proyecto. Se reconoce que esta no es la única posibilidad de desarrollo forestal para la región, puesto que el escenario que se pretende recrear representa solamente uno hipotético de todos los posibles. Se consideró una propuesta realista, teniendo en cuenta que actualmente la tasa de forestación en la zona es muy baja.

Una vez definido el escenario, se determinó la cantidad de factores necesarios para llevar adelante el proyecto de desarrollo, la demanda de insumos y mano de obra que esto provocaría, la producción de madera y leña asociada a la actividad forestal, y finalmente, se realizó una estimación de los ingresos netos del conjunto de hectáreas incluidas en el proyecto de desarrollo.

Finalmente, estimada la producción de madera a lo largo del tiempo, se intentó proponer algún aprovechamiento tecnológicamente factible a nivel local para la incorporación de valor agregado al nuevo recurso. Los supuestos asumidos para la simulación son los que siguen:

- No se tuvieron en cuenta las cortinas ya existentes en el área de estudio, las actividades agrícolas que se realizaban en cada predio, ni la estructura de tenencia de tierras.
- Se consideraron las dos clases de aptitud definidas en el área (apto y medianamente apto).
- La distribución de la superficie por actividad y por tipo de cultivo se realizó en base a

la distribución porcentual actual del uso de la tierra.

- Las dimensiones de los cuadros son las definidas en el estudio de rentabilidad.
- La incorporación a la actividad económica de las tierras se realiza en un lapso de 17 años a una tasa constante a lo largo del tiempo.
- Se eligió como horizonte de planificación de largo plazo 65 años, siendo este el período mínimo en el que se alcanza a realizar una rotación completa de todas las cortinas para las distintas clases de aptitud.
- La propuesta desarrollada es general para el conjunto del área, sin tener en cuenta cada predio individualmente y las actividades programadas anualmente no tienen una localización geográfica determinada.

Transferencia a Productores, Técnicos y Operarios

Antes de instalar las plantaciones demostrativas se realizaron capacitaciones en plantación a operarios y a los productores dueños de los predios a forestar. En total participaron 18 personas. Además se invitó a todos los productores interesados, a visitar los predios en el momento en que se estaban haciendo las plantaciones demostrativas.

Se realizó un taller al inicio del proyecto para explicar los objetivos y alcances del mismo y, al finalizar cada una de las etapas, para informar sobre los resultados parciales obtenidos y las actividades a realizar en la etapa siguiente. En estos talleres participaron productores, técnicos, docentes y estudiantes de la Escuela Agraria, personal del Municipio local y público en general. También se realizó un taller al final del proyecto para discutir la propuesta forestal para el área. Se difundieron los resultados y actividades realizadas durante el proyecto a través de medios televisivos, radiales y gráficos locales. Se elaboró un manual técnico sobre establecimiento y manejo de cortinas forestales para ser entregado a productores y técnicos.

RESULTADOS y DISCUSION

Primera Etapa. Diagnóstico de la situación socio-productiva de productores con disponibilidad de tierras para el establecimiento de plantaciones bajo riego

El tamaño promedio de los predios fue de 60,4 ha, siendo el más pequeño de 1 ha y el más grande de 200 ha.

La mayoría de los productores tienen en promedio 50 años de edad, dos de cada tres de ellos viven en el pueblo y poseen título de propiedad de las chacras.

Desde el punto de vista social, se observa que la mayoría de los propietarios desarrollan una vida esencialmente urbana. La ocupación principal se realiza en el pueblo y la actividad rural se encuentra supeditada a los ratos libres o tiempos ociosos. Se prioriza el ingreso seguro producto del trabajo en el sector público (en sus diferentes niveles) y en el sector privado

(comercio, minería, etc.), y el ingreso predial resulta un plus en algunos casos e incluso a veces es insuficiente para cubrir los gastos en otros. A pesar de esto, el 68% manifestó arraigo a la actividad, el resto solo mantiene la tierra heredada (Figura N° 1).

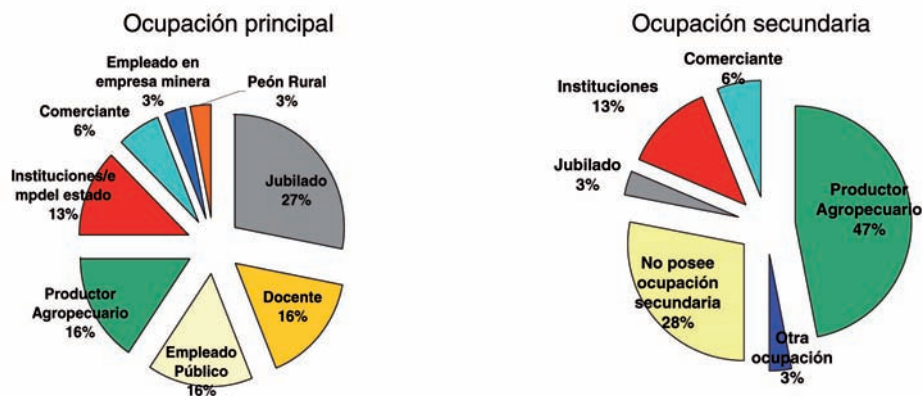


Figura N° 1
OCUPACIÓN PRINCIPAL Y SECUNDARIA DE LOS ENTREVISTADOS

Salvo los casos en los que los entrevistados indican ser productores agropecuarios y para los que el ingreso por esta actividad es la principal fuente de sustento de sus familias, para el resto, el ingreso por la actividad agrícola ganadera representa menos del 40% del ingreso total.

En Gobernador Gregores la actividad predial tuvo históricamente una fuerte dependencia de la asistencia del estado, que fue quien motorizó mediante programas y estímulos económicos el desarrollo de la actividad agropecuaria.

El perfil productivo de los propietarios entrevistados es ganadero ovino extensivo y en baja escala se cría ganado vacuno, que en algunos casos se combina con la producción de pasturas y hortícola. El 52,2% de la superficie se destina al pastoreo de animales, el 27,8% no es aprovechada o permanece improductiva, que sumada a las zonas no aptas, de monte natural y las edificadas, alcanzan aproximadamente al 34,4% del área de estudio. En el territorio restante (13,4%), el suelo se destina a la producción de pasturas y a la actividad agrícola intensiva, como frutales, fruta fina, producción hortícola a cielo abierto y en invernáculos, monte implantado y vivero forestal para la producción de barbados de álamos y sauces.

La producción de pasturas se encuentra relacionada básicamente con la provisión de alimentos para el mismo ganado. Son pocos los productores que tienen producción exclusiva de pasturas con destino a la venta de fardos. En baja escala se cultivan frutas y hortalizas (lechuga, acelga, zanahoria, remolacha, echalotte, papa, tomates, ajo, arvejas y habas), siendo las primeras en su gran mayoría utilizadas como insumo para la producción de dulces y mermeladas.

Las perspectivas para el sector son positivas, principalmente debido al crecimiento de la demanda local que, desde el 2001, fue creciendo debido al aumento poblacional estimulado por la actividad minera y otras asociadas como obras viales, construcción y servicios. Estas actividades estimularon un proceso migratorio muy importante de otras provincias y países vecinos y se transformaron en el motor de la economía de la zona en los últimos años. Si bien la incorporación de esta nueva población no es bien clara en cuanto a la participación ciudadana y su adaptación al ritmo de vida cotidiano, ocasiona una demanda de alimentos temporalmente creciente, resultando en el principal estímulo de la producción agropecuaria y el fundamento de las buenas perspectivas reinantes para el sector. Los productores planifican incorporar pasturas, aumentar el número de cabezas de ganado y la producción hortícola.

A pesar de contar con una escuela de formación agropecuaria, se observa falta de oferta de mano de obra local para la actividad agropecuaria porque los niveles salariales de las actividades extractivas superan los ofrecidos por los productores. Por un lado, el crecimiento poblacional estimula la demanda de productos agropecuarios, pero por el otro, aumenta la presión inmobiliaria, debido al incremento de valor de las chacras de los alrededores de la localidad. En estos casos, se trata de tierras que ya no estarían disponibles para la producción agropecuaria, estimulando así un proceso de cambio de uso del suelo, con planes de loteo y venta de tierras y/o construcción de viviendas destinadas al alquiler.

El principal problema de infraestructura que obstaculiza el desarrollo del sector es el aislamiento, consecuencia de la red vial existente que dificulta la comercialización de productos y el acceso a la localidad de insumos agropecuarios en forma periódica y a costos razonables. El 65% de los entrevistados indican que tienen dificultades para acceder a maquinaria. Aquellos que no cuentan con maquinaria suficiente o que no tienen la maquinaria necesaria para realizar alguna actividad, la alquilan por hora al CAP o a la escuela Agropecuaria o bien la comparten con sus vecinos y parientes generalmente de manera informal. La disponibilidad de maquinarias representa una de las mayores fuentes de conflicto entre las Instituciones y los productores.

Otro factor de conflicto es el sistema de riego. Si bien toda el área de estudio posee potencialidad para riego, apenas el 40% de las zonas aptas para forestar se encuentran sistematizadas. El control y mantenimiento del sistema de riego lo realiza el CAP y si bien no existen restricciones para el uso del agua, los productores señalan pérdidas en la producción por deficiencias del sistema de riego.

Prácticamente no existen agrupaciones privadas de peso que convoquen a los productores. Es por este motivo que pueden comprenderse los fracasos sistemáticos en la organización de actividades de tipo cooperativista y la escasa asociación entre productores que existe en la zona. Los principales obstáculos para su conformación son la pluralidad de objetivos que persiguen, las grandes diferencias socio-económicas que les permite acceder a distintos tipos de conocimientos y la falta de tiempo que pueden destinar a las actividades de intercambio y/o trabajo conjunto. Estas diferencias sociales y los fracasos de tipo cooperativista estimulan el distanciamiento y profundizan las diferencias que hoy ya existen entre los propietarios.

La incorporación del álamo con fines de protección y asociado a cultivos, solo se encuentra algo desarrollada en los productores más dinámicos. Además ya existen en la zona

viveros que producen barbados, aunque no hay un mercado fuerte y estable conformado en torno a la venta de este producto. El 37,5% de los propietarios cuentan en sus predios con alguna superficie destinada a la producción de barbados de álamos y sauces, siendo la producción actual de 102.500 plantas por año. El destino de estas plantas es mayormente comercial, vendiéndose en la zona costera (Comandante Luís Piedra Buena, Puerto San Julián y Río Gallegos) y en El Calafate y, la producción restante, la utiliza el mismo productor para la forestación de sus predios. Localmente los productores producen sus propias plantas o utilizan estacas cortadas de árboles de la zona. El principal problema mencionado por los productores son los daños de liebre en las primeras etapas de la plantación.

Existen tanto a nivel nacional como provincial mecanismos de incentivo a las forestaciones para la zona, pero se observó, en general, un desconocimiento de los mismos por parte de los productores.

Segunda Etapa. Determinación del área potencial para forestar con salicáceas y zonificación por clases de aptitud

Una vez clasificado cada punto del muestreo de suelos, en las distintas clases de aptitud, se redujo la superficie potencial a 2.387 ha (196,6 ha menos que la definida a partir de las imágenes). El área potencial final quedó clasificada de la siguiente manera (Figura N° 2).

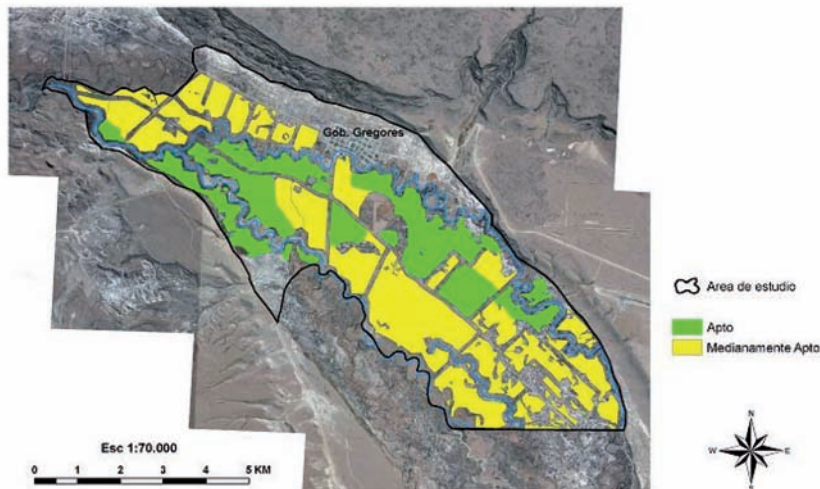


Figura N° 2
ZONIFICACIÓN DEL ÁREA POTENCIAL EN SITIOS APTOS (851 ha), MEDIANAMENTE APTOS (1536 ha) Y NO APTOS (1961 ha) PARA EL CULTIVO DE SALICÁCEAS

Tercera Etapa. Crecimiento de las plantaciones existentes dentro del área potencial y para cada clase de aptitud de sitio

Las diferencias más importantes, entre las distintas clases de aptitud, se presentan en los valores de IS y volumen, donde se observa una tendencia que responde a la zonificación realizada. Esta tendencia también se observa en el crecimiento en altura, disminuyendo de los sitios aptos a los no aptos. En cuanto a los valores de crecimiento en diámetro, estos solo se presentan como información adicional ya que influenciados, principalmente, por el distanciamiento de los árboles en la cortina. Si bien se midió una sola cortina, hay que resaltar los bajos valores obtenidos en el sitio clasificado como no apto (Cuadro N° 4).

Cuadro N° 4
VALORES PROMEDIOS DE EDAD, ÍNDICE DE SITIO (IS) Y CRECIMIENTO POR AÑO EN DAP, ALTURA Y VOLUMEN EN LAS CORTINAS DE ÁLAMO CRIOLLO MEDIDAS EN LAS TRES CLASES DE APTITUD

Clase de Aptitud	Edad (años)	IS ₄₀	Crec. Medio DAP (cm/año)	Crec. Medio Altura (m/año)	Crec. Medio Volumen (m ³ /100m de cort./año)
Apto	50	23	1,0	0,50	4,94
Medianamente apto	37	20	0,9	0,43	2,15
No Apto	20	14	0,4	0,30	0,10

En cuanto a las especies presentes en el área y en base a los estudios existentes en la zona (Peri et al., 1997 y Peri y Monelos, 1998) y las mediciones realizadas en el presente proyecto, los mejores comportamientos, en los sitios medianamente aptos, los presentaron *Salix matsudana x alba* RA 524-43 y *Populus nigra* 'Itálica'. Mientras que para los sitios aptos, a los dos anteriores se le suman *Populus nigra* 'Moissac', *Populus x canadensis* '1-214' (solo en sitios protegidos) y un cultivar de *Populus trichocarpa* que no se pudo identificar. Los valores de crecimiento para estas últimas especies van de 0,5 a 1 cm/año en diámetro y alrededor de los 0,5 m/año en altura.

Cuarta Etapa. Plantaciones demostrativas.

Las plantaciones realizadas en primavera fueron evaluadas en mayo del presente año, luego de pasado el primer período de crecimiento. Los resultados se presentan en el Cuadro N° 5. La plantación realizada en otoño se evaluará recién en otoño de 2011.

Cuadro N° 5
RESULTADOS DE SOBREVIVENCIA PARA LAS CORTINAS DEMOSTRATIVAS
INSTALADAS

Productor	Cortina	Especie	Supervivencia (%)
1	1	álamo criollo sauce 524-43	66 96
	2	álamo criollo sauce 524-43	49 54
2	1	álamo criollo	94
3	1	álamo criollo	32
	2	álamo criollo	84
	3	sauce 524-43	44
4	1	álamo criollo sauce 524-43	90 90
	2	álamo criollo	83

Las cortinas de los productores 2 (sitio apto) y 4 (sitio medianamente apto) tuvieron riego adecuado desde sus inicios y los valores de prendimiento fueron muy aceptables. Los productores 1 y 3 (sitios medianamente aptos) no realizaron los riegos adecuadamente y los prendimientos son menores, observándose en ambos casos valores altos de supervivencia en una de las cortinas y bajos en las restantes.

En cuanto a las protecciones contra liebres, estas resultaron efectivas hasta el momento de la evaluación, no observándose daños. En la plantación del productor 3, algunas de las protecciones colocadas en los sauces se "volaron" por los fuertes vientos y, de las plantas que quedaron sin protección, ya el 21% presentaban daños por liebres.

Quinta Etapa. Estudio de viabilidad económica para el establecimiento de plantaciones bajo riego

Analizados los flujos de caja incrementales para las rotaciones propuestas, se observa que el VAN resulta positivo en todos los casos, con lo cual la incorporación de cortinas cortavientos permite aumentar la rentabilidad predial actual. Los mejores resultados se obtienen en los casos en los que también se incorporan cortinas secundarias. Estas permiten mejorar la producción de los cultivos asociados en menos tiempo y así obtener márgenes más rentables. La tasa interna de retorno, en los predios con cortinas, siempre supera el 25% con respecto de la situación sin cortinas protectoras (Cuadro N° 6).

Cuadro N° 6
INDICADORES DE RENTABILIDAD PARA LAS ROTACIONES DE ALFALFA – AVENA Y
AJO – ALFALFA – AVENA

VAN Incremental	Alfalfa - Avena		Ajo – Alfalfa - Avena	
	Con Cortina Secundaria	Sin Cortina Secundaria	Con Cortina Secundaria	Sin Cortina Secundaria
Sitios Aptos	14.509,3	9.159,3	11.890,8	7.574,4
Sitios Moderadamente a Poco Aptos	13.864,4	8.595,4	11.772,3	7.533,5
TIR del Proyecto Incremental				
Sitios Aptos	38,5%	35,7%	39,8%	36,9%
Sitios Moderadamente a Poco Aptos	27,9%	26,9%	27,8%	26,8%

Si se compara las dos rotaciones analizadas, los indicadores muestran que es más rentable la rotación de pasturas exclusivamente. La incorporación de cortinas cortavientos es aún más rentable en el caso de sitios aptos.

Para el cultivo de frutillas se estimaron solo los costos e ingresos relacionados a la instalación de las cortinas densas. En este caso la instalación de las cortinas es una condición limitante para la producción, no se puede producir frutillas sin la presencia de cortinas de protección.

Sexta Etapa. Propuesta de desarrollo forestal para el área.

Siguiendo los supuestos del modelo de simulación propuesto, se calcularon los costos, ingresos, insumos y la producción forestal resultado de las actividades silviculturales que deben realizarse anualmente durante el horizonte de planificación.

Durante los primeros 17 años se incorporan a la producción 100 ha/año, correspondiendo 92 ha a rotaciones de pasturas y pasturas con ajo y 8 ha a cultivos fruto hortícolas. Esto implica un ritmo de forestación constante de 11.000 m de cortinas por año, que demandarán aproximadamente 10.000 plantas por año, cantidad que puede cubrirse con la producción local. Posteriormente la tasa de forestación disminuye ya que solo se reemplazarán las cortinas secundarias que se irán cortando a partir del año 18. Luego de cubrirse una superficie de 1.700 ha se manejará el rebrote de las cortinas principales por un turno, por lo que no será necesario volver a plantar en los últimos años de la planificación.

En función de los planes de manejo establecidos, se deben realizar podas de formación. Para el caso de cortinas semipermeables, instaladas en sitios aptos, se realizan a los 2 y 4 años y en sitios medianamente aptos a los 3 y a los 5 años. Las cortinas densas requieren la realización de las podas a los 2 y 4 años en sitios aptos y a los 2, 4 y 6 años en sitios medianamente aptos. Las podas de fuste hasta 2 – 2,5 m, en sitios aptos, se realizan en las cortinas densas a los 11 años y en las semipermeables a los 6 años, mientras que, en sitios medianamente aptos, se prevé su realización a los 7 años para ambos tipos de cortina.

Los turnos de corta para las cortinas densas son de 46 años en los sitios aptos y de 50 años en los medianamente aptos y, para las cortinas semipermeables, de 36 años en sitios aptos y de 40 años en los medianamente aptos.

El modelo propuesto tiene un requerimiento promedio de 1.500 horas/máquina/año para las tareas de preparación de sitio, plantación y mantenimiento de canales de riego. Dada la estacionalidad de las actividades a realizar, que en el caso de la plantación se restringe a los meses de abril-mayo y agosto-septiembre y, que el mantenimiento de canales debe realizarse antes del período de riego, la maquinaria puede transformarse en un cuello de botella para un proyecto de desarrollo forestal de estas dimensiones. En esta situación, habría que buscar algún tipo de solución, ya sea incorporando más maquinaria o realizando algún pool entre productores para la compra de las mismas.

Sin tener en cuenta la mano de obra de la maquinaria que se alquila por hora y las tareas de aprovechamiento que se supuso tercerizadas, la actividad forestal por sí sola no genera, en este caso, una gran cantidad de puestos de trabajo. La mayor demanda de mano de obra estará ligada a las actividades asociadas, como por ejemplo tractoristas, el transporte, el aprovechamiento y las actividades agrícolas y ganaderas. Por otro lado, si la madera producida se procesara en la localidad, podría instalarse un aserradero fijo que daría empleo permanente a entre 10 y 15 personas.

La producción de leña proveniente de la corta de las cortinas secundarias ronda los 500 m³ estéreo desde el período 17 hasta el 34. A partir del período 35 se incorpora la leña de álamo de las cortinas principales que se comienzan a aprovechar y se mantiene constante a futuro en alrededor de 2.500 m³/año. La producción estimada de madera rolliza aserrable comienza obtenerse a partir del período 35, estabilizándose a partir de los 39 años en un promedio de 6.500 m³/año.

Desde el período 2 y hasta el período 18, se producen ingresos provenientes de los subsidios para el establecimiento de forestaciones bajo riego promocionados por la Nación (Ley 25.080). En este escenario se alcanzaría un ingreso anual de alrededor de \$ 47.300. A partir del año 17 comienzan a percibirse los ingresos por la venta de leña, que hasta el año 34 proporciona ingresos anuales de \$ 25.000. Cuando comienza a obtenerse madera rolliza, el ingreso anual por la venta de esta más la leña, alcanza en promedio \$ 900.000.

Durante los primeros años los costos varían alrededor de los \$160.000 por año, para estabilizarse a partir del año 43 en \$100.000 anuales. Las tareas que demandan mayor nivel de gasto son las que requieren el uso de maquinaria. En este caso, el mantenimiento de los canales de riego y la plantación.

Si se compara los ingresos con los gastos, puede observarse que la actividad forestal, sin tener en cuenta los ingresos de las actividades asociadas, requiere inversiones durante los primeros 34 períodos, hasta que la venta de madera comienza a aportar ingresos que superan ampliamente los costos durante el resto del horizonte de planificación. La mejora en los ingresos de las actividades asociadas ayudará a recuperar parte de la inversión necesaria para la instalación de las cortinas durante los primeros años.

CONCLUSIONES

El desarrollo forestal del valle de Gobernador Gregores es posible y redundaría en beneficios para la actividad agropecuaria local, debido a que:

- La instalación de cortinas forestales, por las condiciones climáticas de la zona, es imprescindible y de fundamental importancia para mejorar la productividad del valle. Para ello existe una superficie de 2.387 ha aptas para forestar con salicáceas.
- Las cortinas instaladas no solo aumentarían la producción agropecuaria sino también brindarían otros beneficios adicionales, como madera y leña, protección del suelo, embellecimiento del paisaje, mejora de la calidad de vida de los pobladores, aumento del valor inmobiliario y generación de empleo.
- Existen mecanismos de promoción para la actividad forestal a nivel nacional, que consisten en montos no reintegrables que se entregan a los productores que forestan y que alcanzan a cubrir gran parte de los costos de forestación.
- Existen estudios para la zona que demuestran un importante incremento de la producción agrícola con la protección de las cortinas. Además, en el presente proyecto, se cuantificó como se incrementa la rentabilidad de un predio al incorporar las cortinas de protección con respecto al mismo predio sin cortinas.
- Un aspecto positivo para el sector es la demanda local creciente de alimentos debido al incremento poblacional. Además la actividad podría generar una salida laboral para los estudiantes y egresados de la Escuela Agraria y, por otro lado, se generaría mayor estabilidad para los trabajadores rurales, puesto que los cultivos se realizan generalmente durante el verano y la actividad forestal en el otoño-invierno.
- Quedaron definidas durante el proyecto las especies a utilizar en cada sitio, el tipo de cortinas a instalar, los distanciamientos entre plantas y entre cortinas, los cuidados a tener en cuenta durante y después de la plantación y los posibles productos forestales a obtener. Estos conocimientos fueron transmitidos a productores y técnicos a través de charlas, talleres, plantaciones demostrativas, participación en programas radiales y televisivos locales y entrega de informes y un manual sobre establecimiento de cortinas. Además existe experiencia local en la producción de plantas y la cantidad producida alcanza para cubrir la propuesta realizada.
- En los últimos años se triplicó la población de Gobernador Gregores, esto se debió principalmente a la actividad minera. Esta actividad se basa en un recurso no renovable, por lo tanto, limitado en el tiempo. La actividad agrícola asociada a la forestal se presentan como una alternativa válida y sustentable para paliar los efectos de la finalización de la actividad minera.
- Si se llevara a la práctica la propuesta realizada, no solo mejoraría la producción agrícola-ganadera de la zona, sino que además se generaría un nuevo recurso renovable, que podría utilizarse con fines industriales y/o energéticos.

Para lograr el desarrollo propuesto deben mejorarse ciertos aspectos y hay que tener en cuenta algunos inconvenientes:

- Existe infraestructura de riego para gran parte del área, lo que resulta una ventaja, sin embargo se debería mejorar y regularizar su funcionamiento para que el agua llegue a los predios en el momento oportuno. Por otro lado tendría que haber un control sobre el uso del agua y se debería evaluar si un canon de riego ayudaría a mejorar la eficiencia en el uso del sistema.
- La maquinaria utilizada por la mayoría de los productores es alquilada principalmente al CAP. Esta maquinaria es en gran parte antigua y no alcanzaría a cubrir la demanda para el desarrollo propuesto. Si bien no es sencillo, aparece como una alternativa válida pensar en la organización y unión de productores para la compra de maquinaria. Para ello el Estado podría diseñar una línea de crédito a baja tasa.
- Hay dificultades para comercializar los productos fuera del pueblo por las distancias y las condiciones de los caminos, pero actualmente se están asfaltando las rutas que comunican a Gregores con otras poblaciones de la costa y de la cordillera.
- La mano de obra para la actividad agropecuaria es escasa y debe competir en desventaja con otras actividades como la minería.
- Los productores que viven de las chacras son muy pocos, la mayoría tiene a la actividad agropecuaria como algo secundario. Esto dificulta la asociación entre productores y hace que las decisiones productivas sean muy dependientes de las políticas del Estado.
- Debido al crecimiento poblacional hay demanda inmobiliaria sobre las tierras que rodean la ciudad. Esto va a producir un cambio de uso en las mismas.
- Para el desarrollo forestal del área se debe realizar una mayor inversión en los primeros años, que recién es recuperada ampliamente a partir del año 40. Los mayores costos del inicio podrían ser recuperados a través de una mejora de la producción asociada y los planes de promoción estatales.

REFERENCIAS

Amico, I., 2001. Viverización y cultivo de álamos y sauces. INTA. 47p.

Brealey, R. y Myers, S., 1993. Fundamentos de financiación empresarial. Editorial Mc Graw-Hill.

Davel, M., Havrylenko, S. y Barbé, A., 2007. Informe final del proyecto: "Estudio exploratorio para el desarrollo de forestaciones de salicáceas en tres zonas de la Patagonia". SECyT Programas y Proyectos Especiales, CIEFAP, Fundación para el Desarrollo Forestal, Ambiental y del Ecoturismo Patagónico. 140p.

Davel, M., 2008. Establecimiento y manejo del pino oregón en Patagonia (Ed). Capítulo 9. Determinación del turno financiero en plantaciones de pino oregón en diferentes calidades de sitio (Fernández M.V.). Manual N° 9. CIEFAP. 111-129.

Deschamps, J., y Wright, J., 1997. Patología forestal del cono sur de América. Orientación Gráfica Editora S.R.L. Buenos Aires. 237 p.

FAO, 1980. Los álamos y los sauces. Colección FAO Montes N°10. Roma. 349p.

García, J., 2002. Forestación con salicáceas en áreas bajo riego de Patagonia. SAGPyA. NEF Patagonia. 36 p. Extraído de <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/forestacion/deleg/manusali.pdf>

Loguercio, G., Fernández, M. V., Ruiz Tagle-Molina, M., Davel, M. y Havrylenko, S., 2006. Modelo de Asignación de Recursos para la generación de Cuencas de Forestación en la provincia del Chubut. Informe Final Proyecto PIA 12/04. Proyecto Forestal de Desarrollo de la SAGPyA – CIEFAP. 129 p.

Menoyo, H., Mombelli, O., y Davel, M., 1994. Los álamos en la Patagonia. Serie Técnica 2. Ed. Universitaria de la Patagonia. 41 p.

Peri, P., Monelos, L. y Heinz, E., 1997. Ensayos de introducción de clones de salicáceas en la provincia de Santa Cruz. II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Tomo 4. Del 13 al 15 agosto. Posadas-Misiones.

Peri, P.L. y Utrilla, V., 1997. Efectos de cortinas cortaviento sobre la producción de alfalfa (cv Dawson) en la provincia de Santa Cruz, Argentina. Actas II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Tomo Política, Economía y Educación. Posadas, Misiones, 13-15 de Agosto de 1997. Pp. 59-65.

Peri, P., y Martínez Pastur, G., 1998 Crecimientos en cortinas cortaviento de *Populus nigra* cv Itálica en Patagonia Sur (Argentina) Rev. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales 7 (1-2): 73-83. España.

Peri, P., y Monelos, L., 1998. Ensayo de introducción de clones de salicáceas en Patagonia Sur. Actas Primer Congreso Latinoamericano de IUFRO. Tema 2 (14): "Sistemas Integrados de Producción y Desarrollo Rural". Valdivia, Chile. 22-28 de Noviembre de 1998.

Peri, P., Cittadini, E., Espina, H. y Romano, G., 1998a. Incidencia del efecto protector de cortinas forestales en la producción de frutilla variedad Fern en Santa Cruz, Argentina. Actas

primer Congreso Latinoamericano de IUFRO Tema 2 (13). Valdivia, Chile. Publicado en CD.

Peri, P., Cittadini, E. y Romano, G., 1998b. Efecto de cortinas cortaviento sobre la producción de ajo violeta en la provincia de Santa Cruz, Argentina. Actas Primer Congreso Nacional de Profesionales de Cambio Rural. Buenos Aires, 20-21 de mayo de 1998. Acta de Resúmenes Pp. 99. Trabajo completo en WEB: www.inta.gov.ar/cambio/links/PC243.PDF

Riu, R., Arreghini, R., y Pérez Valenzuela, R., 1988. Influencia del factor edáfico en el crecimiento de *P. x* euroamericana cv I-214 en el departamento San Martín – Mendoza. VI Congreso Forestal Argentino. Tomo 2. 16 al 20 de agosto de 1988. Santiago del Estero. Ed. El Liberal. P. 429-432.

Sapag Chain, Nassir y Sapag Chain, Reinaldo, 1997. Preparación y Evaluación de Proyectos. 3ra Edición. Editorial Mc Graw Hill.

Suarez, R., 1993. Las salicáceas. Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Comisión VI. Paraná, Entre Ríos, 1993. AFoA.

PODER CALORÍFICO DE *Acacia dealbata* Link CRECIDA EN CHILE¹

Juan Carlos Pinilla S.² y Gonzalo Hernández C.

RESUMEN

La creciente demanda energética y la inconveniencia de suplir esta demanda mediante combustibles fósiles, como el petróleo y sus derivados, el carbón mineral y el gas natural, dados su costo, su carácter de recurso no renovable y sus altos niveles de emisiones de gases de efecto invernadero, están poniendo en especial relieve a las energías renovables y menos contaminantes.

La dendroenergía, o energía procedente de combustibles leñosos, es un recurso renovable y es considerada carbono neutral, debido a que su combustión libera carbono antes captado por los vegetales mediante la fotosíntesis para la formación de la madera, sin intervenir por tanto en el balance global de este elemento, que es el principal gas de efecto invernadero bajo la forma de dióxido de carbono (CO₂).

Los combustibles leñosos pueden ser utilizados directamente para producir energía calórica mediante su combustión o indirectamente a través de cogeneración, donde su energía calórica en calderas calienta agua y genera vapor, el cual se usa para distribuir calor mediante ductos y además como energía mecánica que mueve turbinas generadoras de energía eléctrica. Otro uso es la gasificación de madera, sistema en el que una combustión incompleta, con limitada presencia de oxígeno, genera un gas combustible que es empleado para alimentar un motor de combustión interna modificado, generando así energía mecánica que mueve un generador de electricidad.

La dendroenergía proviene de los bosques, sean estos nativos o plantados, y se obtiene del manejo de estos, como residuos de podas, raleos y cosechas de bosques destinados a producir madera aserrada, celulosa, tableros y otros productos, o como producto sin un bosque se maneja expresamente para este fin. Además, la industria de transformación de la madera, primaria y secundaria, genera también importantes volúmenes de residuos.

Bosques nativos comerciales y bosques plantados, destinados a proveer productos forestales de mayor valor como los mencionados, dejarán importantes volúmenes de residuos en cada intervención silvícola a la que son sometidos para favorecer los productos finales. En el caso de los bosques nativos, bajo manejo forestal sostenible nunca se afectará la superficie boscosa sino que solo su volumen comercial al extraer los productos, luego continúa creciendo hasta permitir una nueva extracción. Las plantaciones en tanto, normalmente al cumplir su

¹ Documento elaborado en el marco del proyecto INNOVA CHILE – CORFO 07CN13IFM-203, Programa Acacia para su uso

en Chile: Tecnologías para posicionar su utilización económica en el sector forestal

² Ingeniero Forestal, Jefe Proyecto. Sede Bio Bio, Instituto Forestal. Chile jpinilla@infor.cl - www.infor.cl

período de rotación son cortadas a tala rasa, pero son inmediatamente repuestas para iniciar una nueva rotación.

Bosques nativos sobremaduros o degradados deben ser manejados para hacerlos productivos y las intervenciones silvícolas necesarias para su recuperación generan importantes volúmenes de leña y residuos. Algo semejante ocurre con bosques nativos jóvenes o renovales, que han surgido después de incendios o de sobreutilización de los bosques originales en el pasado y ahora son formaciones de excesiva densidad y a menudo con una alta participación de las especies de menor crecimiento o valor, las cuales es preciso intervenir para reducir la densidad y favorecer su desarrollo, en especial de las especies más valiosas. El manejo de estos renovales puede ser también una importante fuente de leña y residuos leñosos combustibles.

En uno y otro caso, bosques nativos y plantados, bajo ciertas circunstancias pueden ser manejados para la producción de dendroenergía. En el caso particular de las plantaciones, en diferentes países se emplean especies de los géneros *Acacia*, *Eucalyptus*, *Populus*, *Salix* y otros, en plantaciones de corta rotación y con altos rendimientos para energía.

El Instituto Forestal ha desarrollado diversas experiencias en la materia, parte de estas a través de un amplio programa de investigación con especies de género *Acacia*, orientado a determinar su crecimiento en diferentes zonas del país, su manejo y su utilización, y ha iniciado también ensayos de plantaciones con fines energéticos. En el presente trabajo se entregan antecedentes sobre las potencialidades de *Acacia dealbata* y, específicamente sobre la determinación de su poder calorífico, importante información para su uso con fines energéticos.

Palabras Clave: *Acacia dealbata*, biomasa, energía, poder calorífico

SUMMARY

The energy increasing demand and the inconvenience to supply it through fossil fuels, such as petroleum and its derivatives, coal and natural gas, considering their costs, their character of nonrenewable resources and their high level of green house gases emissions, are factors giving a special importance to renewable and lesser contaminant energies.

Wood energy is a renewable resource and, since its combustion releases a quantity of carbon equal to that captured before to constitute the wood through the photosynthesis process, is considered as a neutral one in terms of carbon emissions because does not participate in the global carbon balance, main green house gas under the form of carbon dioxide (CO₂).

Wood energy can be used to produce caloric energy directly through its combustion or to heat water in boilers and produce steam to distribute caloric energy by pipelines and also mechanic energy to drive a turbine for generating electric energy. Another application is wood gasification, system by which wood is burned under a poor oxygen condition generating a combustible gas to feed a modified internal combustion engine that moves a turbine to produce electric energy.

Forest management in native or planted forests produces a quantity of residues from thinning, pruning and harvest silvicultural practices, suitable for energy production. Primary and secondary wood transformation industries generate also important waste volumes.

Commercial native and planted forests used to produce sawn wood, pulp, boards and veneers, and other forest products, give also an important waste volume as a result of the silvicultural interventions applied to favor the final products. In native forests under sustainable management extractive practices do not reduce the forest area only reduce the commercial volume and the forest will continue growing until allowing another intervention. Planted forests are normally completely felled at the end of the turn, but they are immediately replaced through a new plantation to begin another turn.

Overripe or degraded native forests have to be managed to turn them productive and the necessary silvicultural practices generate important waste volumes. Young or second growth forest originated in forest fires or over utilization of the original ones in the past, now dense forests often with a high participation of minor species, have also to be managed to reduce the number of trees and to favor the better trees and the most valuable species. The management of second growth forest also can be an important source of fuel wood and waste wood materials for energy uses.

Both, native and planted forests can be managed for energy production under certain circumstances and in the case of planted forests, in different countries species of the *Acacia*, *Eucalyptus*, *Populus*, *Salix* and others genera are used in short rotation and high yield plantations for energy.

The Chilean Forest Institute has carried out several experiences on the matter, part of them through a wide wattle species research programme focused on their growth under different site conditions, their management and their wood utilization, and has started also the establishment of experimental plantations for energy production. In the present paper information on the *Acacia dealbata* potential for energy plantations is analyzed and specifically results on the species heating power are presented.

Key Words: *Acacia dealbata*, biomass, energy, heating power.

INTRODUCCIÓN

Las fuentes energéticas son primarias o secundarias y entre las primeras las hay renovables y no renovables. Las fuentes primarias están dadas por recursos naturales disponibles para su uso energético en forma directa, sin necesidad de someterlas a un proceso de transformación, o en forma indirecta, como es el caso de aquellas que deben ser extraídas de yacimientos.

Las fuentes de energía primarias son además renovables, de uso sostenible en el tiempo, si la fuente no se consume o puede ser repuesta, y no renovables, de uso limitado en el tiempo, si el recurso natural se consume.

Entre las energías primarias renovables se encuentran la hidráulica, la marina, la eólica, la geotérmica, la solar y la procedente de biomasa, y entre las no renovables están los combustibles fósiles, como el petróleo, el gas natural y el carbón mineral, y la energía nuclear.

Las fuentes secundarias corresponden a productos procesados, obtenidos de la transformación de las fuentes primarias, como combustibles derivados del petróleo, del carbón mineral y del gas natural. También es considerada energía secundaria la electricidad, obtenida por la transformación de energía mecánica, como la hidráulica y la eólica, o energía térmica, como la solar, la geotérmica, el petróleo, el carbón y el gas, en energía eléctrica.

La demanda energética es creciente en Chile y en el mundo y la dependencia de los combustibles primarios no renovables es muy alta, lo que conduce a que principalmente los países no productores de combustibles fósiles presenten cifras muy negativas en sus balances energéticos, al registrar consumos muy superiores a su producción en materia de energía, situación que los obliga a importar estos combustibles con todos los costos que esto implica.

Se suman a lo anterior las grandes desventajas ambientales del uso de combustibles fósiles, dadas por las altas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que implica su empleo.

Las actuales concentraciones de estos gases en la atmósfera están provocando el fenómeno conocido como calentamiento global y conduciendo a un cambio climático en el planeta que, de mantenerse las emisiones de estos gases al ritmo de hoy, tendría impredecibles consecuencias para la vida sobre este, ya que subirían las temperaturas, se alterarían los regímenes de precipitaciones, se elevaría el nivel de los océanos, aumentaría la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, como sequías o fuertes lluvias, y otras alteraciones del clima o asociadas a este.

La urgente necesidad de reducir las emisiones de GEI y estabilizar sus concentraciones en la atmósfera en límites aceptables, ha conducido a diversos acuerdos internacionales tendientes a disminuir el consumo de combustibles fósiles y frenar la deforestación, que son los dos agentes principales de estas.

Esta situación pone en una especial relevancia a los bosques, más allá de su generación de productos forestales, dado que además son capaces de absorber carbono a través de la fotosíntesis y fijarlo en sus tejidos y en el suelo, mantener este elemento retenido en sus productos (madera, celulosa, muebles, casas, etc.) y proveer grandes volúmenes de combustible leñosos o dendroenergía para reemplazar el uso de fósiles.

Los bosques nativos bajo manejo sostenible pueden a perpetuidad retener carbono y producir leña y residuos de las intervenciones silvícolas de manejo y de los procesos de transformación industrial de la madera. Las plantaciones forestales en tanto, también generan residuos de la silvicultura y de la industria de transformación, y además es posible efectuar plantaciones con fines energéticos que, en cortas rotaciones, pueden ofrecer importantes volúmenes de dendroenergía.

En términos de emisiones, la dendroenergía es considerada carbono neutral debido a que su combustión libera igual cantidad de carbono que la que antes el árbol absorbió para su formación. Además, si proviene de bosques nativos bajo manejo sostenible, estos continuarán creciendo y reteniendo y fijando carbono, y si proviene de plantaciones, que son cortadas a tala rasa, estas, dependiendo de la especie que se emplee, crecerán nuevamente en régimen de monte bajo o serán respuestas mediante plantación en régimen de monte alto, cosa por demás obligatoria por ley en el caso de Chile.

El uso de dendroenergía tiene ciertos inconvenientes en materia de emisiones, en especial en centros urbanos y principalmente debido al material particulado que contribuye al smog, y en materia de degradación de los bosques, por el caso específico de la leña, cuyo mercado es informal y con escasa o nula regulación. Sin embargo, su empleo es ampliamente ventajoso ambientalmente en comparación con petróleo, carbón u otros fósiles.

Respecto de las emisiones, existe ya en el mercado una variedad de calefactores y cocinas de gran eficiencia energética respecto de las tradicionales y con reducidos niveles de emisiones, y a esto se suma la creciente tendencia a emplear leña con menores contenidos de humedad y otras formas de dendroenergía, como astillas y *pellets*, lo que contribuye con similares resultados en lo referente a emisiones y a eficiencia.

En cuanto a la presión sobre los bosques que implica el uso de dendroenergía, se debe considerar una amplia utilización de todos los desechos de la silvicultura y de la industria forestal, tema sobre el cual existen ya importantes avances; las grandes empresas forestales, mediante procesos de cogeneración, están produciendo vapor y energía eléctrica a partir de sus residuos para su propio consumo y generando excedentes de electricidad que están entregando al SIC³. Actualmente la capacidad instalada de este tipo de generación ya supera los 600 MW.

Por otra parte, el gran desafío del manejo sostenible de los bosques está apoyado por la legislación forestal chilena, que fomenta las plantaciones forestales y el manejo de los bosques nativos, lo que debe conducir a que el mercado de la leña se regule, al menos en lo referente al origen de esta, ofreciendo una garantía de que proviene de bosques bajo manejo, y también a que se establezcan plantaciones forestales con fines energéticos.

Respecto de las plantaciones forestales para energía, INFOR está desde hace años trabajando con diversas especies cuyas alternativas de uso incluyen la energía y reúnen también características de rápido crecimiento, fácil propagación y establecimiento, bajas exigencias en suelos y buen poder calorífico de su madera, todas las cuales las hacen muy apropiadas para este tipo de plantaciones.

Entre las especies en estudio que serían adecuadas para plantaciones energéticas se encuentran varias de los géneros *Eucalyptus* y *Acacia*, con las cuales se han desarrollado diversas líneas de investigación en torno a su propagación, al establecimiento de plantaciones, a su silvicultura, a la utilización de sus maderas y, además, se realizan estudios sobre su mejoramiento genético para una mejor adaptación y rendimiento bajo diferentes sitios

3 Sistema Interconectado Central. Sistema de distribución de energía eléctrica de la zona central y sur del país en Chile.

forestales.

Como parte de estas investigaciones se han iniciado estudios sobre el poder calorífico de sus maderas y en el presente trabajo se entregan los resultados obtenidos al respecto para *Acacia dealbata*.

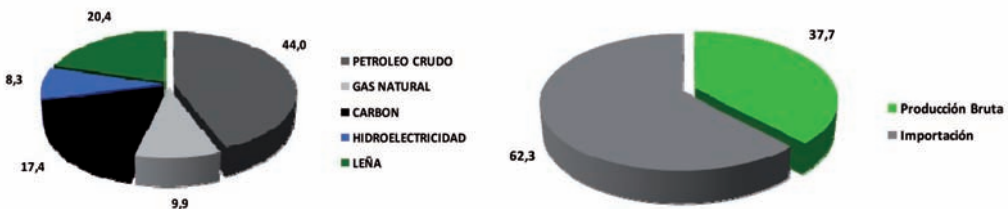
ANTECEDENTES GENERALES

Matriz Energética

La matriz energética chilena es ampliamente dependiente de los combustibles fósiles pese a que el país cuenta con un gran potencial para la hidrogenación.

El alto costo del petróleo, los problemas ambientales que involucra su uso y el del gas y el carbón mineral, y la dependencia que significa el importar estos combustibles, son factores que otorgan actualmente un especial interés al desarrollo de las llamadas Energías Renovables No Convencionales (ERNC), entre las que se cuentan la eólica, la hidráulica de paso, la geotérmica, la solar, la marina y la biomasa.

El consumo total de energía en el país en 2008, de acuerdo a la Comisión Nacional de Energía (CNE, 2009)⁴, muestra un total de 251 mil T Cal⁵. Un 71% de esta energía se obtiene de combustibles fósiles y un 62% se obtiene de importaciones de estos, debido a que sólo una parte de estos se produce en el país (Figura N° 1).



(Fuente: CNE, 2009)

Figura N° 1
CONSUMO TOTAL ENERGÍA 2008

La capacidad instalada nacional de generación eléctrica en el año 2008 es de 13 mil MW⁶, conformada por 8 mil MW procedentes de plantas térmicas alimentadas por petróleo y carbón mineral, 4,8 mil MW provistos por centrales hidroeléctricas de embalses, y unos 350 MW generados por plantas hidroeléctricas pequeñas de paso, plantas cogeneradoras basadas en biomasa y parques eólicos.

4 <http://www.cne.cl/cnewww/opencms/>

5 Tera Calorías

6 Mega Watts

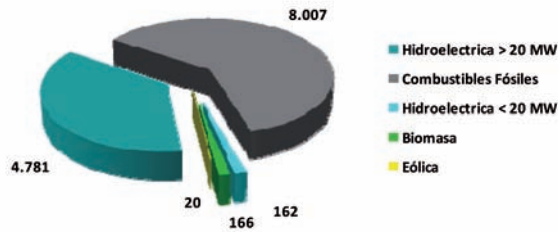


Figura N° 2
CAPACIDAD INSTALADA GENERACIÓN ELÉCTRICA 2008

La capacidad instalada total de generación al año 2008 está basada en un 61% en combustibles fósiles y sólo un 2,6% corresponde a ERNC, con un cierto aporte de parques eólicos en las regiones de Coquimbo y Aysén y un desarrollo ya visible de la generación basada en biomasa, que en la actualidad llega a más de 600 MW, principalmente en la región del Bio Bio y operado por las principales empresas forestales.

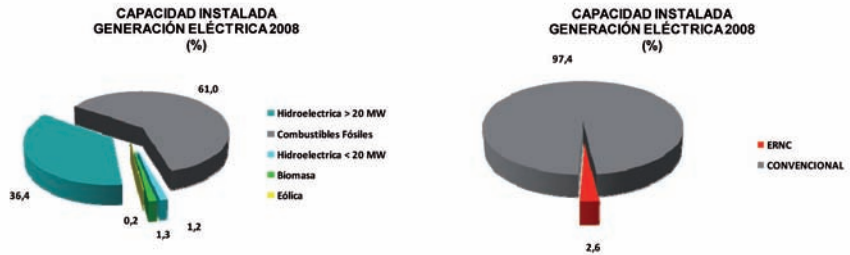


Figura N° 3
CAPACIDAD INSTALADA GENERACIÓN ELÉCTRICA SEGÚN FUENTE 2008

La capacidad instalada de generación eléctrica se ha cuadruplicado entre 1990 y 2007⁷, sin embargo el consumo es alto y crece fuertemente, desde 1990 hasta 2008 este prácticamente se ha duplicado, y el consumo en 2007 es 2,5 veces mayor que la producción⁸ (Figura N° 4).

7 http://anuario.cne.cl/anuario/electricidad/php_electricidad-06.php

8 http://anuario.cne.cl/anuario/balance/php_balance-02.php

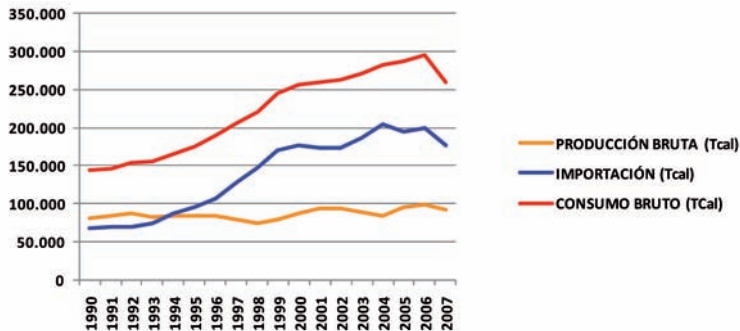


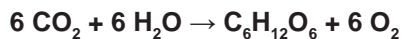
Figura N° 4
EVOLUCIÓN DEL BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA 1990-2007

Si se considera la dependencia energética y el alto costo que involucran los combustibles fósiles que es preciso importar, muy especialmente el petróleo, y la imperiosa necesidad de reducir las emisiones de GEI que estos generan en abundancia, es sin duda un objetivo estratégico país el desarrollo de las ERNC para ampliar y diversificar su matriz energética. Entre estas, destaca la biomasa, fuente primaria y renovable, que los bosques chilenos y la industria derivada de estos pueden proporcionar a perpetuidad, dentro de un principio de sustentabilidad.

Biomasa

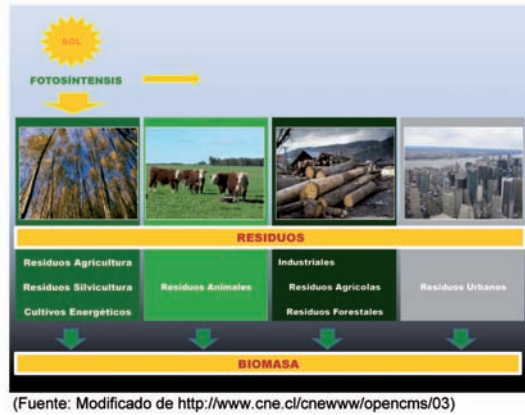
Se entiende por biomasa al conjunto de materia orgánica renovable, de origen vegetal, animal o que se origina de la transformación natural o artificial de estas, y la energía de biomasa es toda aquella energía que puede obtenerse de esta, sea a través de su quema directa o de su procesamiento para obtener otro tipo de combustible (biogás, biocombustibles líquidos)⁹.

La energía de biomasa tiene su origen primario en la radiación solar que los vegetales emplean en la fotosíntesis, proceso en el que en presencia de esta radiación los vegetales absorben dióxido de carbono (CO₂), liberan oxígeno (O₂) y producen los compuestos orgánicos para su crecimiento, según la ecuación general:



De esta forma, los vegetales almacenan parte de la energía solar y el ser humano y los animales la transforman, y en ambos procesos se generan diversos residuos que son susceptibles de aprovechamiento energético (Figura N° 5).

⁹ http://www.cne.cl/cnewww/opencms/03_Energias/Otros_Niveles/renovables_noconvencionales/Tipos_Energia/biomasa.html



(Fuente: Modificado de <http://www.cne.cl/cnewww/opencms/03>)

(Fuente: Modificado de <http://www.cne.cl/cnewww/opencms/03>)

Figura N° 5 FUENTES DE BIOMASA UTILIZABLE COMO ENERGÍA

Ante los acuerdos internacionales de reducciones de emisiones de GEI la biomasa tiene un factor de emisión 0, es considerada carbono neutral al ser usada con fines energéticos debido a que su combustión produce CO_2 en la misma cantidad que antes fue captada de la atmosfera para el crecimiento del vegetal, y esta cantidad es también la misma que liberaría si se la deja descomponerse en forma natural. No obstante, si se la usa en reemplazo de combustibles fósiles, contribuye significativa a la reducción de emisiones.

La Comisión Nacional de Energía (CNE, 2009)¹⁰ señala que hay diferentes fuentes de biomasa utilizable para energía y que la clasificación más aceptada es la siguiente:

Biomasa natural: Presente en la naturaleza sin intervención humana. Ejemplo: Residuos naturales en los bosques.

- Biomasa residual seca: Desechos sólidos no utilizados de la agricultura, ganadería y silvicultura, y de los procesos industriales agrícolas, ganaderos y forestales. Ejemplos: Estiércol, paja, orujo, desechos de podas y raleos, aserrín, corteza y otros.
- Biomasa residual húmeda: Vertidos biodegradables. Ejemplo: Aguas residuales urbanas e industriales, y residuos ganaderos, que por fermentación pueden generar un gas (biogás) combustible.
- Cultivos energéticos: Cultivos realizados con la finalidad de producir biomasa para energía o para producir biocombustibles. Ejemplo: Maíz, raps, maravilla y plantaciones forestales dendroenergéticas.

¹⁰ http://www.cne.cl/cnewww/opencms/03_Energias/Otros_Niveles/renovables_noconvencionales/Tipos_Energia/biomasa.html

Los usos de la biomasa en aplicaciones energéticas son principalmente la producción de gas, energía calórica y energía eléctrica. En Chile se la está utilizando actualmente para producir electricidad, mediante plantas de cogeneración que aprovechan los residuos energéticos de la silvicultura, la agricultura, las industrias forestales, y biogás a partir de vertederos de desechos urbanos.

Los bosques generan importantes volúmenes de biomasa, sea como producto o como residuos de la extracción de estos.

Bosques nativos degradados o sobre maduros y algunos renovales pueden generar grandes volúmenes de leña, como producto principal al ser puestos bajo manejo para una futura obtención de productos de valor como madera aserrada, tableros, chapas y otros. Plantaciones forestales en tanto, pueden ser establecidas para uso energético con especies de rápido crecimiento, en alta densidad de plantación y para cortas rotaciones.

Los bosques nativos productivos son sometidos a diferentes intervenciones silvícolas para su manejo y extracción de productos y en estas quedan importantes volúmenes de residuos, como trozas cortas, ramas y otros.

Las plantaciones comerciales, según el producto final a obtener, son sometidas a diferentes intensidades y oportunidades de raleos y podas y todas estas, incluida la cosecha final, dejan importantes cantidades de residuos en el bosque, dadas por trozas cortas o muy delgadas, ramas y otros.

El procesamiento industrial primario de las trozas obtenidas de los bosques, sean nativos o plantados, también tiene cantidades importantes de residuos. Las trozas de bosque nativo se emplean principalmente para aserrío y el rendimiento de este proceso es inferior al 50%, generando así grandes volúmenes de madera exterior (tapas y cantoneras), madera con defectos, aserrín y otros residuos.

El procesamiento de las trozas obtenidas de plantaciones es en las grandes empresas del sector es mucho más eficiente. La industria de pulpa y papel solo deja como residuos la corteza y desechos químicos originados en la separación de la celulosa y la lignina (licores negros), pero dados los grandes volúmenes que procesa estos residuos son importantes y son utilizados con fines energéticos en las mismas plantas. En el caso del aserrío, si bien tiene un rendimiento cercano al 50 %, todos los residuos de madera son astillados y destinados a las plantas de celulosa.

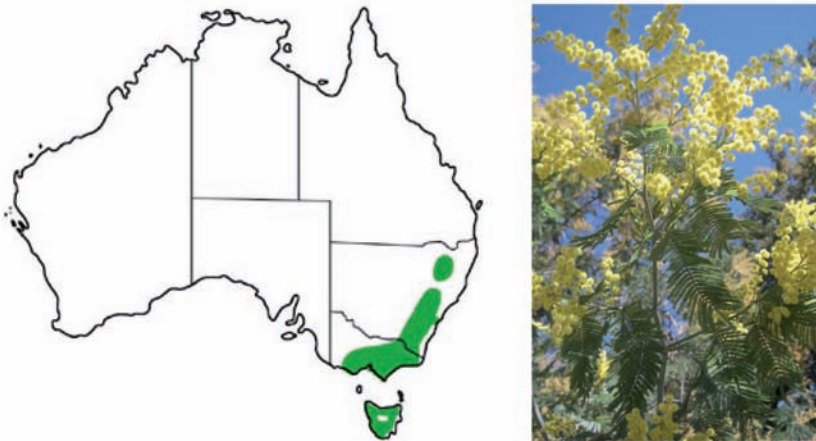
La industria secundaria en tanto, remanufactura, barracas, mueblería y otras, tanto para bosque nativo como para plantaciones, tiene igualmente cantidades de desechos, dados por aserrín, despuntes, cantos, virutas, polvo de madera y otros.

En el caso de la pequeña y mediana industria de aserrío y elaboración, tecnologías y máquinas son más precarias, los rendimientos son menores y en consecuencia mayor la proporción de residuos

Acacia dealbata como Opción Dendroenergética

Acacia es un género de arbustos y árboles de la Familia *Leguminosae*, Subfamilia *Mimosoideae*, compuesto por más de 1300 especies, que se distribuyen en forma natural en todos los continentes con la excepción de Europa. Más de 900 de estas especies son nativas de Australia y las restantes de las regiones tropicales secas y templadas cálidas de África, sur de Asia y América (Barros, 2007).

Acacia dealbata Link. Corresponde al Subgénero *Phyllodineae*, es originaria de Australia y su área de distribución natural abarca principalmente los Alpes australianos, desde el norte del estado de New South Wales el medio oeste del de Victoria y la Isla de Tasmania, entre los 29° y 43° LS, principalmente entre los 250 y 900 msnm (Barros, 2007) (Figura N° 6).



(Fuente: DEWR, 2007. Citado por Barros, 2007)

Figura N° 6 DISTRIBUCIÓN NATURAL DE *Acacia dealbata* Y ASPECTO DEL ÁRBOL CON FLORES

Es un arbusto o árbol de rápido crecimiento, fijador de nitrógeno, que puede alcanzar desde 6 a 30 m de altura. El follaje es bipinnado, azul-gris a plateado. Las flores son Amarillo oro, en cabezas globulares y florece abundantemente. Las vainas son más o menos rectas, planas, levantadas sobre las semillas y de color café-purpúreo suave. Presenta unas 53.000 semillas viables por kilo de semillas y deben ser pretratadas en agua hirviendo por un minuto para mejorar la germinación en viveros (DEWR, 2007. Citado por Barros, 2007).

En Australia la especie es conocida como *Silver Wattle* en tanto que en Chile se la conoce como aramo o aramo del país. Fue introducida tempranamente a Chile, muy probablemente por el naturalista alemán Federico Albert¹¹ a fines del siglo XIX, y hoy es común en la zona central

¹¹ Federico Albert naturalista alemán contratado por Gobierno de Chile en 1889 para trabajar en el Museo Nacional de Historia Natural de Santiago, quien fue el primer visionario que impulsó el desarrollo forestal en Chile, considerando

y sur del país (Coquimbo a La Araucanía) como ornamental y en bosquetes en los campos.

El Instituto Forestal (INFOR) está desarrollando desde el año 2003, apoyado por INNOVA Chile de CORFO, un intenso programa de investigación con especies del género *Acacia*, el cual ha abordado los aspectos de propagación, establecimiento de plantaciones, manejo silvícola y utilización de sus maderas, y ha incluido en estas investigaciones *Acacia dealbata*, *A. melanoxylon* y *A. mearnsii*.

Este programa ha obtenido muy auspiciosos resultados respecto de la adaptación de estas especies a diferentes condiciones de sitio, su rápido crecimiento y la utilidad de sus maderas. Esto las torna muy interesantes también como alternativa para la producción dendroenergética, ya que pueden ser empleadas en plantaciones para este fin en rotaciones de 3 a 5 años, una forma eficiente y segura de generar dendroenergía, con un alto rendimiento por unidad de superficie y obteniéndose materia prima uniforme, lo que otorga una gran ventaja a esta alternativa frente al uso de residuos forestales no homogéneos y dispersos.

Existen diversas experiencias en el mundo con plantaciones dendroenergéticas, con diferentes especies de los géneros *Acacia*, *Eucalyptus*, *Salix*, *Populus* y otras, en densidades de 2 a 4 mil plantas por hectárea y rotaciones de 2 a 5 años. Estas plantaciones normalmente son objeto de silvicultura intensiva, que incluye cuidadosa selección de especies (híbridos en algunos casos), fuertes técnicas de establecimiento, control de competencia (malezas), fertilización e incluso riegos. En Brasil, empleando híbridos de *Eucalyptus*, se han registrado crecimientos de hasta 100 m³/ha/año.

Perspectivas importantes en el caso chileno es que estas especies permitirían utilizar para estos fines suelos forestales o ganaderos en desuso, que son marginales para los cultivos forestales tradicionales de *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* ssp *globulus* y *Eucalyptus nitens*, y que para estas plantaciones podrían aplicarse los incentivos estatales de la legislación vigente para plantaciones en suelos degradados, para plantaciones de pequeños y medianos propietarios y para plantaciones dendroenergéticas. La masificación de plantaciones de este tipo cumpliría así con beneficios económicos, sociales y ambientales, múltiples en el último caso al cumplirse con protección y recuperación de suelos, captura de carbono atmosférico y reemplazo de combustibles fósiles.

La investigación de INFOR señala que algunas especies de *Acacia* pueden ser empleadas en amplias zonas del país, sin mayor competencia con otros usos del suelo como agricultura, ganadería y plantaciones de pino y eucalipto (Pinilla *et al.*, 2010).

Acacia dealbata, en diferentes ensayos realizados por INFOR muestra interesantes resultados de crecimiento en altura y diámetro, con incrementos volumétricos anuales de 20 m³/ha, similares a los obtenidos con *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* en diversos sitios (Pinilla y Hernández, 2005). Su madera tiene una buena aptitud para diferentes usos, como aserrío, chapas, pulpa y otros, y es de buena trabajabilidad (Anexo N° 1).

que "la riqueza en bosques es el bienestar de la nación". Sus ideas centrales fueron la recuperación de los terrenos degradados y de los cultivos marinos y el impulso a las plantaciones forestales con fines comerciales y a la creación de áreas silvestres protegidas.

Su madera es apreciada como leña y para la producción de carbón, no obstante no existe mucha información técnica respecto de su uso como combustible. La literatura señala que su poder calorífico es alto, de 4.700 Kcal/Kg, similar a roble y mayor que espino,

El establecimiento de nuevas plantaciones forestales, con fines exclusivamente energéticos y en cortas rotaciones, con o sin incentivos económicos provistos por el Estado, es una muy interesante alternativa de desarrollo rural para pequeños y medianos propietarios. No obstante, esto debe ser respaldado por investigación sobre especies a emplear, su manejo y las herramientas de gestión, y fundamentalmente, el conocimiento de la calidad como combustible de sus maderas, sus rendimientos y las técnicas de producción, transformación y distribución de la energía con ellas generada.

INFOR, dentro de su programa de investigación con acacias, ha abordado esta línea específicamente para producción de dendroenergía. Para esto se han establecido plantaciones experimentales para la obtención de antecedentes de crecimiento, rendimiento, productividad en biomasa y su relación con la capacidad dendroenergética de la especie, según diferentes espaciamientos iniciales, áreas geográficas, y edades de cosecha. Los espaciamientos iniciales son de 0,5 x 0,5 m, 1 x 1 m, 2 x 2 m, 3 x 3 m, 1 x 0,5 m, 1 x 2 m, 1 x 3 m, 2 x 0,5 m, 2 x 2 m, 3 x 0,5 m y 3 x 1 m. Se obtendrán periódicamente muestras de madera de estos ensayos para estudiar si se registran variaciones en densidad y poder calorífico de esta con la edad, y según densidad de plantación.

Independientemente de estos ensayos, por ahora se ha determinado el poder calorífico de la madera de esta especie a base de muestras obtenidas de rodales de ensayos anteriores de diferentes edades en las regiones del Maule y Bio Bio, y sus resultados se entregan en el presente trabajo.



Figura N° 7
RODALES DE *Acacia dealbata* EN DIFERENTES SITIOS YUMBEL, YUNGAY y
ANTIQUINA, REGIÓN DEL BIO BIO, Y RETIRO, REGIÓN DEL MAULE

Poder Calorífico

El Poder Calorífico (PC) de un combustible es la cantidad de energía desprendida durante la reacción de combustión, referida a la unidad de masa del combustible.

La composición de la madera es determinante en la magnitud del poder calorífico. Los valores altos están ligados a las especies más lignificadas, más densas y con mayor contenido de resinas, terpenos y aceites esenciales. El poder calorífico crece a medida que se lignifican los tejidos y disminuye con el aumento del contenido de humedad.

Existen dos mediciones para el poder calorífico; el Poder Calorífico Superior (PCS) y el Poder Calorífico Inferior (PCI). El primero corresponde al calor desprendido en la combustión completa de 1 kilo de combustible cuando el vapor de agua originado en la combustión está condensado y se contabiliza el calor desprendido en este cambio de fase, el PCI en tanto, es la cantidad de calor desprendido en la combustión completa de 1 kilo de combustible sin contar la parte correspondiente al calor latente del vapor de agua de la combustión, ya que no se produce cambio de fase, y se expulsa como vapor.

OBJETIVO DEL ESTUDIO

Determinar el Poder Calorífico Superior e Inferior de muestras de madera de *Acacia dealbata* creciendo en distintas localidades y a diferentes edades, entre las regiones del Maule y Bio Bio.

METODOLOGÍA

Para este estudio se seleccionaron 7 rodales de *Acacia dealbata* correspondientes a ensayos establecidos por INFOR entre la región del Maule y la región del Bio Bio. Los antecedentes de cada rodal se presentan en el Cuadro N°1, y la información dasométrica en el Cuadro N° 2 y la descripción de las muestras en el Cuadro N° 3 y Figura N° 8.

Cuadro N° 1
ANTECEDENTES DE LOS RODALES DE DONDE SE OBTUVIERON LAS MUESTRAS

RODAL	AÑO PLANTACIÓN	NOMBRE PREDIO	REGION	COMUNA
90	2005	COPIHUE	MAULE	RAFAEL
80	2003	FARELLÓN	BIO BIO	CAÑETE
82	2003	QUINAHUE	BIO BIO	LEBU
102	2004	SAN ANTONIO CUDA	BIO BIO	FLORIDA
103	2004	SANTA TERESA	BIO BIO	TOME
104	2004	EL MAGNOLIO	BIO BIO	FLORIDA

Cuadro N° 2.
DESCRIPCIÓN DASOMÉTRICA DE LOS RODALES

RODAL	PREDIO. COMUNA	EDAD (Años)	ALTURA MEDIA (m)	DAP MEDIO (cm)	VOLUMEN (m3/ha)	ÁREA BASAL (m2/ha)	ALTURA DOMINANTE (m)	DENSIDAD (ÁRB/ha)
80	Farellón. Cañete	3,95	11,06	118,6	93,307	19,710	12,5	1.660
82	Quinahue. Lebu	3,95	8,74	128,8	77,583	21,093	9,09	1.540
102	San Antonio. Florida	3,23	7,03	63,4	26,774	5,294	8,58	1.580
103	Santa Teresa. Rafael	3,23	9,18	88,9	37,886	8,494	9,51	1.280
104	Huaro Alto. Florida	3,23	7,29	66,6	27,583	5,602	8,97	1.500
96	Copihue. Parral	4,78	15,50	140,1	137,797	22,663	17,43	1.400

Cuadro N° 3
ANTECEDENTES DE LAS MUESTRAS UTILIZADAS EN EL ESTUDIO

ORIGEN	DIÁMETRO SECCIÓN (cm)	EDAD (Años)
Huaro Alto. Florida	23,0	5
San Antonio. Florida	8,5	5
Copihue. Parral	14,0	4
Copihue. Parral	16,0	4
Farellón. Cañete	19,0	6
Santa Teresa. Rafael	17,0	5
Quinahue. Lebu	18,0	6



Figura N° 8
MUESTRAS UTILIZADAS EN EL ESTUDIO

El rodal de mayor edad, Farellón, Cañete, fue establecido usando semilla australiana, mientras que el resto de los rodales fueron plantados utilizando semillas provenientes de árboles superiores seleccionados en el país. Este detalle puede influir en los resultados a obtener.

En cada rodal se seleccionaron 3 árboles con un DAP cercano al promedio del rodal. Estos árboles fueron volteados y una sección de 30 cm a la altura del DAP fue seleccionada para su traslado a laboratorio. De cada sección se obtuvo la muestra que se utilizó en la determinación de los poderes caloríficos de la madera.

Las determinaciones del PCS fueron ejecutadas en la Universidad del Bío Bío, Departamento de Ingeniería Mecánica, Área de Termofluidos.

Previo a la determinación del PCS, a cada muestra de madera ensayada se le determinó el contenido de humedad y densidad básica y de referencia.

El material combustible (± 1 gramo) fue dispuesto en el crisol de la bomba calorimétrica, elemento que considera un alambre para el encendido del combustible. La bomba fue cargada con oxígeno puro a una presión de 20 Atmósferas y el crisol ubicado dentro del equipo calorímetro, rodeado por agua (1.900 g) a objeto de absorber el calor generado por la combustión. El equipo presenta una camisa exterior y una separación de aire estanco, que minimiza las pérdidas de calor al ambiente (Figura N° 9).

Los equipos empleados para la determinación del PCS fueron:

- Bomba calorimétrica Parr: serial: 3274, ítem: 1341.
- Unidad de ignición Parr: cat. N° 2901, lot. N° 186.
- Balanza Precisa: modelo 500M-2000c, rango 0-2.200 g., precisión 0,001 g.
- Termómetro Extech: precisión RTD 407907, sonda PT 3850, precisión 0,01 °C.
- Cronometro Lithuim Extech 0,01 segundos.



Determinación peso probetas



Probeta en crisol de bomba calorimétrica



Bomba calorimétrica



Equipo calorimétrico (aire, agua, estanco)



Lectura de presión de oxígeno



Equipo y lectura temperatura durante combustión

Figura N° 9 EQUIPO CALORIMÉTRICO

La fórmula utilizada para determinar el PCI (base húmeda) es la que se indica¹²:

$$PCI = PCS - 600 * (CH + 9 * H_2)$$

12 NCh 51.Of60. Combustibles Sólidos – Determinación del Poder Calorífico.

Donde:

- PCI = Poder calorífico inferior (Kcal/kg combustible húmedo)
- PCS = Poder calorífico superior (Kcal/kg combustible húmedo)
- 600 = Calor latente de vaporización del agua (kcal/kg)
- CH = Contenido de humedad en base húmeda del combustible
- H₂ = Fracción en peso del hidrógeno presente en el combustible
(0.061 kgH₂/kg combustible)

RESULTADOS

Contenido de Humedad y Densidad

Realizados los análisis se obtuvieron el contenido de humedad y las densidades básica y de referencia, información que se presenta en el Cuadro N°4 y la Figura N° 10.

**Cuadro N°4
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD**

Origen	CH (bh*) (%)	Edad (Años)	Densidad Básica (kg/m ³)	Densidad Referencia (kg/m ³)
Huaro Alto. Florida	9,26	5	544,44	639,27
San Antonio. Florida	10,90	5	474,40	603,17
Copihue. Parral	12,99	4	353,87	538,10
Copihue. Parral	12,50	4	434,56	521,67
Farellón. Cañete	11,17	6	318,64	369,90
Santa Teresa. Rafael	10,59	5	463,92	584,32
Quinahue. Lebu	12,69	6	322,52	427,41

*bh: Base húmeda

La densidad básica es la que relaciona la masa anhidra de la madera y su volumen en estado saturado, mientras que la de referencia es la que relaciona la masa y el volumen a un mismo contenido de humedad.

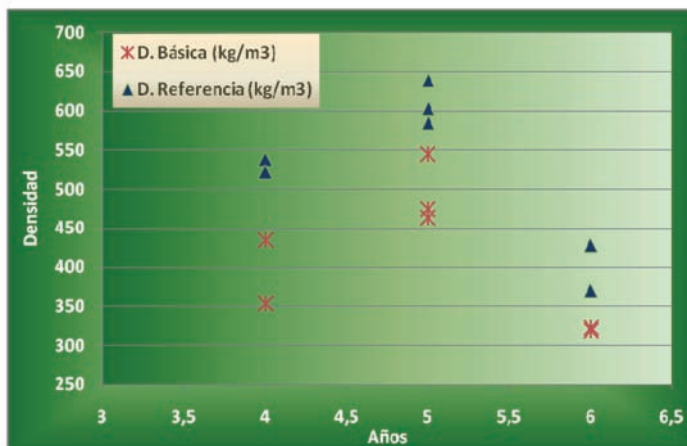


FIGURA N° 10
DENSIDADES OBTENIDAS

Al observar las densidades resultantes, un primer análisis señala que los árboles o rodales de mayor edad presentan una menor densidad, asociada a un mayor crecimiento. Estos árboles provienen de semilla australiana. Por el contrario, los árboles de mayor densidad corresponden a semilla de raza local, los cuales según la información del Cuadro N°2 están creciendo a una menor tasa, generando una mayor densidad de la madera, lo que explicaría el resultado obtenido. Este resultado debe ser corroborado en edades superiores.

Poder Calorífico

Los poderes caloríficos superior e inferior obtenidos a partir de muestras de *Acacia dealbata* se presentan en el Cuadro N°5 y Figura N° 11.

Cuadro N°5
PODERES CALORÍFICOS OBTENIDOS EN *Acacia dealbata*

Origen	CH (bh) (%)	Edad (Años)	PCS (Kcal/Kg)			PCS Promedio (Kcal/Kg)	PCI Promedio (Kcal/Kg)
			Muestra				
			1	2	3		
Huaro Alto	9,26	5	3.963,65	3.893,30	3.871,43	3.909,46	3.524,52
San Antonio	10,90	5	4.241,01	3.876,33	3.914,26	4.010,53	3.615,75
Copihue	12,99	4	3.804,76	4.018,20	3.963,35	3.928,77	3.521,43
Copihue	12,50	4	4.144,34	4.065,98	4.056,72	4.089,01	3.684,59
Farellón	11,17	6	4.001,69	3.918,51	3.827,61	3.915,94	3.519,49
Santa Teresa	10,59	5	4.146,57	4.141,96	4.013,73	4.100,75	3.707,78
Quinahue	12,69	6	4.373,02	4.183,80	4.308,85	4.288,56	3.883,04
Promedio						4.034,71	3.636,65

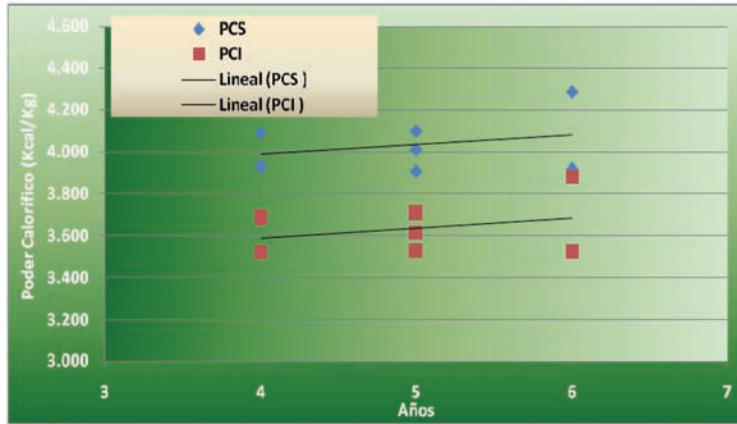


Figura N° 11
RESULTADOS DE PODER CALORÍFICO EN *Acacia dealbata*

Los resultados anteriores son concordantes, con información bibliográfica existente en otros países, aunque algo inferiores, llegando a un máximo de cercano a 4.300 Kcal/Kg en relación al valor de 4.700 Kcal/Kg para el PCS que da la bibliografía.

Como comparación, en el Cuadro N°6 se presentan los PCS de algunas especies que crecen en Chile, según Covacevich (1979) para madera seca en horno.

Cuadro N°6.
PODERES CALORÍFICOS SUPERIORES
DE ESPECIES FORESTALES QUE CRECEN EN CHILE

Espece	PCS (Kcal/Kg)
<i>Pinus radiata</i> (10 años, Ñuble)	4.817,80
Boldo (Peñuelas)	4.604,50
Litre (Peñuelas)	4.536,40
Maitén (Peñuelas)	4.598,50
Peumo (Peñuelas)	4.707,60
Quillay (Peñuelas)	4.571,90
Espino (Peñuelas)	4.722,30
Álamo (Nacimiento)	4.602,50
<i>Acacia dealbata</i> (Valparaíso)	4.605,90
<i>Acacia melanoxylon</i> (Nacimiento)	4.586,90
Ciprés (Valparaíso)	4.914,60
<i>Eucalyptus globulus</i> (Valparaíso)	4.639,40

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados de los ensayos de INFOR demuestran que algunas especies de *Acacia* que crecen en el país son promisorias para ser utilizada en futuros programas de forestación.

Durante el desarrollado esta línea de investigación de INFOR, se ha analizado un conjunto de resultados que en sí constituyen un aporte y un logro en el trabajo con acacias. Sin embargo, se requiere de más investigaciones, nuevos ensayos e información para generar las alternativas económicas; silvicultura y esquemas de manejo en función de diferentes productos, entre ellos la dendroenergía.

El rápido desarrollo de *Acacia dealbata*, su capacidad de rebrote desde tocón, su adaptabilidad a suelos degradados y su relativamente fácil silvicultura, hacen que la especie presente un alto potencial para el uso en energía.

La determinación de su poder calorífico así lo confirma, aunque resultando menor que los que entrega la bibliografía, estas determinaciones deberán complementarse con muestras provenientes de más sitios, mayores edades y una variedad de densidades de plantación para producción de dendroenergía en cortas rotaciones.

Se podrá así caracterizar la calidad de la biomasa generada en relación a su poder calorífico, edad y sitio de crecimiento, junto con establecer los esquemas silviculturales que permitan la producción sustentable de biomasa.

Al considerar la cantidad de materia seca producida en cada espaciamiento utilizado, por ejemplo, relacionando el volumen registrado y la densidad anhidra de la madera (318 Kg/m³ en el caso de *Acacia dealbata*), será posible obtener la biomasa seca total, identificando aquellos espaciamientos que registren la mayor acumulación de biomasa en un tiempo determinado.

Los resultados obtenidos con futuros estudios del poder calorífico de la madera de *Acacia dealbata* en diferentes densidades y edades, permitirán obtener la relación óptima entre cantidad de biomasa y poder calorífico, escenario que hará posible definir los esquemas de manejo sustentables para plantaciones con esta especie destinada a energía.

Los primeros resultados indican que las densidades obtenidas en los árboles de mayor edad son más bajas, lo que muy probablemente se asocia a que estos rodales presentan a la fecha un gran ritmo de desarrollo (Farellón y Quinahue) en relación a los otros rodales. El origen de estos árboles corresponde a semilla australiana, en tanto que los árboles que presentaron una mayor densidad a partir de la muestra utilizada provienen de semilla de raza local, árboles Plus seleccionados de diferentes ensayos y rodales en el país, los cuales están creciendo a una menor tasa, pero generando una mayor densidad de la madera, lo que explicaría el resultado obtenido. Este resultado deberá ser corroborado en estudios posteriores.

Los resultados de este estudio son concordantes con información bibliográfica existente, con valores cercanos a las 4.700 Kcal/Kg para PCS, similar a otras especies forestales que crecen en el país, con la diferencia que estas corresponden a especies del Bosque Nativo,

como lo es el Roble (*Nothofagus obliqua*) y Espino (*Acacia caven*),

En España, en la zona de Galicia. A esta especie se le están buscando opciones de utilización para la biomasa debido a su rápido crecimiento (Valero *et al.*, s/f), y se han obtenido valores iniciales de PCS de 4.700 a 4.800 kcal/Kg, mientras que el PCI varió entre los 3.000 a 4.000 kcal/kg. Los autores concluyen que esta madera puede ser usada con fines energéticos, agregando que el costo de extracción y transporte determinarán su uso en este tipo de producto¹³.

La evaluación realizada en este estudio se considera adecuada para los objetivos de la investigación, ya que se trata de rodales entre los 4 y 6 años de edad, edades que se supone serán suficientes para una rotación con objetivos dendroenergéticos.

Las muestras utilizadas en la determinación del poder calorífico de la madera de *Acacia dealbata* provienen de árboles de poca edad, madera 100% juvenil, entre 4 y 6 años. Esta condición, es decir, tejidos ricos en celulosa y pobres en lignina, explican los valores de poder calorífico determinados.

Los PCS de las muestras de madera ensayadas por Covacevich (1979) son mayores que los determinados para las muestras de *Acacia dealbata*, probablemente influenciados por la menor humedad y la mayor densidad de la madera.

Dado que el PCI es función de la humedad, a menor humedad, se obtiene un mayor PCI por lo que se necesita una menor cantidad de biocombustible para producir una unidad de energía. De ahí la importancia de contar con especies cuya biomasa entregue un alto valor del PCI. Un mayor poder calorífico genera evidentemente una biomasa de mayor calidad energética.

En un proceso productivo esta biomasa debería una vez extraída pasar por un proceso de secado y densificación, a través de su trituración y compactación de modo de obtener un combustible más eficiente.

CONCLUSIONES

La capacidad de rebrotar desde tocón, unido a su rápido desarrollo, su adaptabilidad a suelos degradados y relativamente fácil silvicultura, hace que *Acacia dealbata* presente un alto potencial para su uso en energía.

Los resultados del estudio del poder calorífico junto con los ensayos de bioenergía con *Acacia* entregarán importantes elementos de discusión.

Con los resultados de la investigación se podrá caracterizar la calidad de la biomasa generada en relación a su poder calorífico, edad y sitio de crecimiento. El conocimiento de su crecimiento en diferentes condiciones, asociado a la calidad de la biomasa para energía,

¹³ <http://www.esac.pt/cernas/cfn5/docs/T4-21.pdf>

permitirá establecer los esquemas silviculturales que permitan la producción sustentable de biomasa.

Se requiere corroborar la influencia de las tasas de crecimiento y el origen de la semilla en relación con la densidad de la madera.

Se obtuvieron valores promedio de 4.034,71 y 3.636,65 Kcal/kg para los valores de PCS y PCI, respectivamente.

Las muestras utilizadas provienen de árboles de poca edad, madera 100% juvenil, entre 4 y 6 años. Lo que explican los valores de poder calorífico determinados.

Los resultados del estudio son concordantes con información bibliográfica existente, y similar a otras especies forestales nativas que crecen en el país,

La evaluación realizada en este estudio se considera adecuada para los objetivos de la investigación, ya que se trata de rodales entre los 4 y 6 años de edad, edades que se supone serán suficientes para una rotación con objetivos dendroenergéticos.

Todos estos resultados son iniciales y fundamentales para efectuar una selección más certera de las especies, árboles y esquemas silvícolas con mejor desempeño para producción de biomasa.

REFERENCIAS

Barros, A. S., 2007. El Género *Acacia*, Especies Multipropósito. En: Ciencia e Investigación Forestal Número Extraordinario. Instituto Forestal, Chile.

CNE, 2009. Introducción de Energías Renovables No Convencionales, Biomasa. Comisión Nacional de Energía, Chile. En línea:http://www.cne.cl/cnewww/opencms/03_Energias/Otros_Niveles/renovables_noconvencionales/Tipos_Energia/biomasa.html.

Covacevich, R., 1979. Poder Calorífico de Pino Insigne y de otras especies forestales chilenas. Universidad de Chile. 1979.

Hernández, G. y Pinilla, J. C., 2009. Compendio Propiedades de la Madera de Especies Nativas y Exóticas en Chile. Informe Técnico N° 178. Instituto Forestal, Sede Bio Bio, Chile.

Pinilla S., J.C. y Hernández C., G., 2005. Antecedentes Generales Sobre Propiedades y Utilización de la Madera. En: Pinilla, J.C.; Molina, M. y Gutiérrez, B. (editores). *Investigación con Acacia dealbata, A. melanoxylo y A. mearnsii* en Chile. INFOR-CORFO. Concepción, Chile. Pp: 99-111.

Pinilla, J.C.; Molina, M.P.; Hernández, G.; Barros, S.; Ortiz, O. y Navarrete, M., 2010. Avances de la investigación con especies del género *Acacia* en Chile. Informe Técnico N° 179. Instituto Forestal, Sede Bio Bio, Chile.

Valero, E., Picos, J., Ortíz, L., Valentin, G., González, N. s/f. Propiedades bioenergéticas de las masas de *Acacia dealbata* Link. Universidad de Vigo, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Pontevedra, España. 9p.

ANEXO N° 1

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS APTITUDES DE USO DE LA MADERA DE *Acacia dealbata*

Como parte del programa de investigación con especies del género *Acacia*, fueron estudiadas las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Acacia dealbata* que crece en Chile y sus aptitudes de usos para diferentes productos (Pinilla y Hernández, 2005; Hernández y Pinilla, 2009; Pinilla *et al.*, 2010). Los resultados se presentan resumidamente a continuación.

Propiedades Físicas y Mecánicas

Ensayo	Parámetro	Seco (12%)	Verde
Densidad (kg/m ³)		439	499,00
Flexión (N/mm ²)	MOR	92,86	62,07
	MOE	11.959,33	10.240,77
Compresión (N/mm ²)	Paralela	44,80	28,09
	Perpendicular	9,36	6,51
Tracción Perpendicular (N/mm ²)	Radial	3,76	3,10
	Tangencial	4,29	4,27
Dureza (N)	Paralela	53,80	41,86
	Perpendicular	34,85	33,46
Cizalle Paralelo (N/mm ²)	Radial	9,71	7,48
	Tangencial	11,35	8,36
Clivaje (N/mm)	Radial	5,43	5,36
	Tangencial	6,11	6,21
Tenacidad (Ncm)	Radial	28,67	24,33
	Tangencial	33,00	26,95
Extracción Clavo (N)	Paralela	6,83	3,70
	Perpendicular	9,96	6,42

La corteza de esta especie es de un color café negruzco, dura y moderadamente fisurada, su albura es verde glauco-plateado, mientras que su duramen es de un castaño claro, rosado

Características Tecnológicas y Aptitud de Uso

- **Aserrado:** Sin dificultad
- **Secado:** Mediana dificultad, presecada bajo cobertizo y posteriormente secada en cámara no presenta grietas ni colapso. Bajo estas condiciones se observan alabeos de baja intensidad. Para madera aserrada de 25/50 mm de espesor, corte tangencial, radial o mixto; presecada al aire hasta un 25/30%, se recomiendan programas constantes de 75/75 °C – 65/65 °C, respectivamente.

- **Chapas:** Sin dificultad, presenta un buen comportamiento en el macerado y en la operación de foliado vertical. Las chapas no presentan problemas en el secado a alta temperatura (130 °C) como tampoco tendencia a la ondulación
- **Encolado:** Sin dificultad
- **Trabajabilidad:** Sin dificultad
- **Cepillado:** Se recomiendan 20 marcas/pulgada y ángulo ataque de 20°
- **Lijado:** Se recomienda velocidad avance de 4,5 m/min, lijas 80 y 120
- **Moldurado:** Se recomiendan 4 cuchillos, ángulos ataque y alivio de 18° y 19° y una velocidad de 7.000 rpm
- **Escopleado:** Se recomienda una velocidad de 8.500 rpm
- **Torneado:** Se recomienda una velocidad mayor a 3.000 rpm
- **Taladrado:** Se recomienda una velocidad mayor a 2.800 rpm
- **Terminaciones:** Sin dificultad, buenos resultados con barniz, laca y pintura
- **Tratabilidad con CCA:** Los polines no pueden impregnarse con el mismo programa que se utiliza para el *Pinus radiata*. Para alcanzar retenciones de 6,4 kilos de óxido/m³ en polines con diámetro 2-4" se sugiere una concentración de la solución preservante en torno a un 4% y una presión de trabajo de 230 PSI por 50 minutos, considerando una humedad de los polines entre 10/20%
- **Aptitud pulpable:** Viable, la producción de celulosa de buenas características se obtiene al mezclar *Eucalyptus globulus* y *A. dealbata*, esta última hasta un 10%

Las aplicaciones sugeridas para la madera de esta especie se concentran en pulpa, carpintería, fabricación de cajones, muebles rústicos y otros.

HACIA EL MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE DE LOS BOSQUES

CHILENOS Roberto Ipinza Carmona. Dr. Ingeniero de Montes, ETSI de Montes, UPM - Madrid, España. Investigador del Instituto Forestal, Sede Valdivia. Isla Teja s/n, Valdivia, Chile. robertoipinza@infor.cl

RESUMEN

El artículo da una visión general sobre Chile, País Forestal. Se destacan los 16,3 millones de hectáreas de bosques, tanto naturales como plantados, el papel de los bosques naturales como proveedores de energía para los habitantes del sur de Chile y de los 2,6 millones de hectáreas de bosques plantados que constituyen hoy sostén de una de las industrias forestales más pujantes del mundo.

Se menciona la importancia que han tenido las leyes forestales en todo el desarrollo y quehacer del sector forestal, destacando el Decreto Ley N° 701 sobre Fomento Forestal y la Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal.

En la aplicación de la silvicultura, desde las intervenciones más simples, para la producción de pasta de celulosa, hasta las más intensas, para maderas de alto valor, se ha requerido el apoyo de instrumentos científicos, como simuladores, que han permitido la proyección y planificación de la producción de todo el sector forestal.

Los aspectos ambientales respecto del Manejo Forestal Sustentable también han jugado un papel relevante en el desarrollo forestal de Chile, ya que al ser un país eminentemente exportador, el consumidor de productos forestales, normalmente localizado en EEUU y Europa, exige cada día un mejor desempeño ambiental y la trazabilidad de los productos forestales. Por esta razón, se ha creado un sello nacional de Manejo Forestal Sustentable, denominado CERTFOR, el que ha sido homologado con PEFC, un sello europeo. Hoy en día existen cerca de 1,9 millones de hectáreas de bosques plantados certificados con CERTFOR/PEFC. El otro sello importante es FSC, en la actualidad existen más de 400.000 hectáreas certificadas por este y es probable que se duplique dicha superficie en los próximos 5 años. Una gran proporción de propietarios de plantaciones ha optado por la acreditación bajo ambos sellos.

Los bosques de Chile, están llamados a jugar un papel relevante en la mitigación del cambio climático, tanto a nivel de los compromisos internacionales como de su papel sectorial dentro del país. La responsabilidad social empresarial también está llamada a cuidar el ambiente y ya se está comenzando a medir la huella del carbono de muchos productos de exportación, en donde los productos forestales están a la vanguardia. Además, a través de los bosques plantados se proyecta a futuro capturar 163 millones de toneladas de CO₂, sin considerar el carbono acumulado en los productos forestales.

En los próximos 50 años, los bosque naturales también están llamado a convertirse en protagonistas importantes del desarrollo forestal, las iniciativas legales deberán permitir recuperar su potencial productivo y generador de servicios ecosistémicos, en especial en las

regiones forestales donde su actual sustentabilidad está en declive.

Se puede mencionar finalmente que existe una fuerte tendencia a buscar y promover negocios inclusivos, donde se favorezca a los pequeños productores. El paradigma en Chile está cambiando, ya que las grandes empresas están conscientes que si a las pequeñas y medianas empresas les va bien, a ellas también.

SUMMARY

A general perspective on Chile as a forest country is reviewed in this paper. The country has a 16.3 million hectares forest cover, including both native and planted forests, and the paper focuses on the management and the role of native forests as a source of energy for the people in southern Chile and of planted forests as the basis of one of the most booming forest industry in the world.

The governmental support to the forest development, through several laws to promote it, has played a decisive role, and especial mention is done to the DL N° 701 (1974) for promoting planted forests and the more recent Law N° 20.283 (2008) to promote native forests sustainable management.

Moreover, silviculture practices, not only simple interventions to produce pulp, but also intensive management to produce high value wood, have required scientific tools, such as simulator models, for planning the whole forest sector production.

Environmental matters related to the sustainable forest management play an important role as well in Chile's forest development. Most of the Chilean forest production is exported to USA, Europe and other destination countries or regions and consumers in those markets demand an everyday better product environmental perform and traceability.

Accordingly, the country uses a national certification system (CERTFOR), recognized by one of the European systems (PEFC), and up today 1.9 million planted forest hectares are certified through CERTFOR-PEFC. Other important system used as well is FSC and about 0.4 million planted forest hectares are certified under it and this area is likely to double during the next five years, because many planted forest owners are planning to get certified under both systems.

Chilean forests are also to play an outstanding function on climate change mitigation in both, the country and the international field. Company's social responsibility is growing up and main enterprises are already starting to measure their product carbon footprints. Furthermore, it is estimated that planted forests will store some 163 million tCO₂, without considering carbon stored on forest products.

During the next 50 years native forests will become again main protagonist in the country's forest development, legal initiatives will allow to recover their productive potential in terms of forest products and ecosystem services, especially in the main forest region where right now their sustainability is low.

Finally could be commented that there is a strong trend to search and promote inclusive business in order to favor small land owners. The paradigm in the country is changing; main companies know that small and medium enterprises success is a condition for their own success.

INTRODUCCIÓN

Los bosques en Chile cubren 16,3 millones de hectáreas y, sobre un total de 75,6 millones de hectáreas de área total continental del país, representan el 22 % del territorio nacional. Esta importante cubierta forestal está formada por plantaciones forestales o bosques plantados¹, 2,6 millones de hectáreas, y bosques naturales o nativos², 13,7 millones de hectáreas. Ambos constituyen recursos de gran importancia para el desarrollo de del país en términos económicos, sociales y ambientales.

La extensa superficie de plantaciones forestales, que cumple funciones tanto de producción como de protección, se ha logrado desde mediados del siglo pasado y en gran medida gracias a la política de fomento forestal, materializada en normativas legales como el Decreto Ley N° 701, promulgado en 1974 y vigente actualmente hasta el 2012, luego de varias modificaciones y extensiones³. Este recurso constituye la base de la pujante industria forestal chilena, que consume aproximadamente 40 millones de m³ sólidos sin corteza por año y que llegó a un *peak* exportador de US\$ 5.453 millones en el año 2008, antes de que se hicieran sentir los efectos de la crisis financiera mundial.

El sector forestal es el segundo exportador de importancia después del sector minero, específicamente del cobre, y el primero basado en un recurso natural renovable, razón por la que la industria forestal juega un papel primordial en la comunidad, especialmente en las localidades donde este sector tiene mayor desarrollo, como es el caso de las regiones de Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos. No obstante, dado que el 45 % de la superficie total de Chile es

de aptitud forestal y que el 49 % del territorio sufre algún grado de erosión⁴, el sector forestal está llamado a seguir cumpliendo su papel productivo y de beneficio ecológico y ampliar su ámbito para proteger los suelos del cáncer de la erosión.

La superficie de bosques nativos más que quintuplica aquella de las plantaciones, pero su aporte a la producción y a las exportaciones es muy marginal, de la corta anual de madera de los bosques con fines industriales menos del 2 % del volumen proviene de bosques nativos.

1 Corresponden a plantaciones forestales localizada en el sur de Chile, principalmente de pino (*Pinus radiata*) y eucaliptos (fundamentalmente *Eucalyptus globulus* y *E. nitens*). Estas plantaciones ocupan terrenos erosionados y degradados por actividades agrícolas y ganaderas anteriores y abastecen una industria forestal de madera, pulpa y papel, que se encuentran entre los 10 mayores productores de pasta de celulosa a nivel mundial.

2 Corresponden fundamentalmente a bosques templados lluviosos del sur de Chile, tienen un alto endemismo de especies y son uno de los escasos bosques de este tipo en el mundo y los únicos de América del Sur. Su origen se remonta a la época en que existía en el mundo un solo continente, Gondwana. Actualmente, solo queda poco más de la mitad de los bosques originales y alrededor del 81% de mamíferos, 25% de aves y 71% de anfibios que habitan en estos ecosistemas.

3 <http://www.conaf.cl/conaf/seccion-normativa-legal.html>

4 <http://www.ciren.cl/cirenxml/noticias/default.asp?a=5&id=647>

No obstante, los bosques nativos tienen una enorme importancia como proveedor de leña (biomasa) para cocina y calefacción en los hogares del sur de Chile. Para satisfacer esta necesidad se consumen aproximadamente 14 millones de m³ de madera por año y un 60 %, unos 8 millones de m³ provienen de los bosques nativos (INFOR, 2010).

De la superficie total de bosques naturales, unos 4 millones de hectáreas se encuentran dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (CONAF, CONAMA y BIRF, 1999), bajo protección en Parques Nacionales y Reservas Forestales. La superficie restante, unos 10 millones de hectáreas, está formada por unos 7 millones de hectáreas de bosques potencialmente productivos bajo manejo sostenible y 3 millones de hectáreas que son bosques de protección debido a la pendiente del terreno, su cercanía a cursos de agua, o por constituir áreas especiales de protección de flora o fauna. Ejemplo de esto últimos son todas las formaciones naturales que están fuera de las áreas protegidas del Estado y tienen presencia de alerce (*Fitzroya cupressoides*) o araucaria (*Araucaria araucana*) que son legalmente intocables, dado que estas especies han sido declaradas Monumento Naturales.

Con la excepción de las áreas y especies protegidas, en la medida que el Estado las ha venido estableciendo o decretando, los bosques nativos han sido intervenidos dentro de las normativas establecidas en primera instancia por la Ley de Bosques del año 1931, posteriormente el Decreto Ley de Fomento Forestal de 1974 y más recientemente la Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal de 2008. Estos cuerpos legales progresivamente han incorporado disposiciones para incentivar las plantaciones forestales y regular las intervenciones sobre los bosques.

Sin embargo, y lamentablemente, hasta los años 50 ó 60 del siglo pasado las formaciones nativas aún sufrían los efectos de grandes incendios para habilitar suelos para agricultura y ganadería, y de sobreutilización maderera, principalmente a través de sucesivas extracciones selectivas (floreo), lo que provocaba deforestación o fuertes pérdidas de calidad, valor y composición florística de los bosques.

En Chile los bosques y los suelos en general son de propiedad privada, con la excepción de las áreas protegidas del Estado administradas por el Servicio Forestal (Corporación Nacional Forestal CONAF) y áreas boscosas remotas que son estatales y bajo el dominio del Ministerio de Bienes Nacionales. Las grandes empresas forestales poseen unos 1,8 millones de hectáreas de plantaciones y menos de 1 millón de hectáreas de bosques nativos. El Estado dentro de sus áreas protegidas tiene unos 4 millones de hectáreas de bosques nativos y aproximadamente 1 millón más fuera de estas. Los pequeños y medianos propietarios forestales en tanto, controlan unas 800 mil hectáreas de plantaciones y unos 8 millones de hectáreas de bosques nativos.

De acuerdo con una clasificación realizada en el bosque natural chileno (Burschel *et al.*, 1991) es posible distinguir cinco condiciones generales en los bosques: Virgen, intervenido, renoval (bosque secundario), degradado y bosques achaparrados. Las 4 primeras condiciones suman alrededor de 10,4 millones de hectáreas.

Para avanzar hacia la sustentabilidad del bosque natural se promulgó la Ley de

Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, Ley N° 20.283 de 2008⁵, que a través de incentivos a diferentes intervenciones silvícolas, orientadas a la conservación, recuperación y manejo sostenible de estos recursos, busca su conservación o la recuperación de su capacidad productiva sustentable, según corresponda técnicamente.

MANEJO FORESTAL

Plantaciones Forestales

La gestión más intensa la reciben los bosques plantados de *Pinus radiata*, las grandes empresas forestales y otros propietarios de plantaciones aplican una variedad de esquemas de manejo de acuerdo con la calidad del sitio, la topografía, la ubicación respecto a caminos principales o a plantas industriales y el producto a obtener.

INFOR (2005) analiza los distintos esquemas de manejo silvícola aplicados por empresas y otros propietarios y concluye que la gestión silvícola puede ser clasificada en ocho grandes grupos de esquemas de manejo forestal, de acuerdo a la práctica de raleos y su intensidad y de podas y su altura.

Los esquemas de manejo se han estratificado en tres categorías según el producto

(o troza) objetivo:

- Pulpa o pasta: Esquema 1. Sin raleos ni podas. Su objetivo es la producción de madera para pulpa en sitios de baja productividad.

- Aserrable o aserrío: Esquemas 2 y 3. Sólo raleos. Su propósito es generar trozas principalmente aserrables.

- Poda: Esquemas 4 a 8, que varían según la altura de poda y la densidad final del rodal. Al esquema 4, de dos podas tardías, también se le reporta como multipropósito, pero el objetivo central de estos esquemas es la obtención de una o más trozas libres de nudos..

En el Cuadro N° 1 se describe las variables con que se especifican los esquemas de manejo silvícola mencionados.

⁵ <http://www.conaf.cl/conaf/seccion-ley-de-bosques-nativos.html>

ESQUEMA DE MANEJO	Poda 1				Poda 2				Poda 3				Raleo a Desecho			Raleo Comercial		
	Hdom (m)	Hpoda (%)	Nhapod (N ^o)	d/D	Hdom (m)	Hpoda (%)	Nhapod (N ^o)	d/D	Hdom (m)	Hpoda (%)	Nhapod (N ^o)	d/D	Hdom (m)	Nresid (N ^o)	d/D	Hdom (m)	Nresid (N ^o)	d/D
Pulpa																		
1 Sin manejo																		
Aserrable																		
2 Un raleo y densidad final 500 a 800 arb/ha																16	650	0,9
3 Dos raleos y densidad final < 500 arb/ha													7	700	0,9	17	450	0,9
Poda																		
4 Podas tardías	12	50	450	1,1									12	650	0,9	18	450	0,9
5 Poda baja y densidad baja	7	50	600	1,1	9	50	300	1,1					7	600	0,9	16	250	0,9
6 Poda alta y densidad baja	7	40	600	1,1	9	45	300	1,1	11,5	5,2	300	1,1	7	600	0,9	16	250	0,9
7 Posa baja y densidad actual	7	30	600	1,1	9	50	400	1,1					7	600	0,9	17	400	0,9
8 Poda alta y densidad actual	7	30	600	1,1	9	45	400	1,1	11,5	5,2	400	1,1	7	600	0,9	17	400	0,9

Hdom: Altura dominante (m) d/D: Diametro medio árboles removidos/diametro medio árboles residuales
 Hpoda: Proporción altura copa viva (%) Nresid: Árboles residuales (N^o)
 Nhpoda: Árboles podados (N^o)

Cuadro N° 1
ESQUEMAS DE MANEJO SILVÍCOLA PARA *Pinus radiata*

En el país, a través de trabajos cooperativos entre las instituciones estatales y privados, se ha desarrollado varios modelos de simulación de crecimiento, entre lo que destacan el RADIATA (Fundación Chile, 2005a; Fundación Chile, 2005b), EUCASIM⁶ y el EUCANIT (Valencia y Cabrera, 2008). Estos simuladores tienen incorporado el efecto del manejo silvícola, lo que permite proyectar diversos escenarios y optimizar las actividades.

En el caso de las plantaciones de *Eucalyptus globulus* y *E. nitens*, actualmente el objetivo dominante del manejo es la obtención de madera para pulpa en corta rotación (12 a 14 años). No obstante, existen esfuerzos de aplicación de esquemas silvícolas de alto valor, para la obtención de madera para aserrío y chapas. El Grupo Empresarial Nitens, localizado en la Región de Los Ríos está trabajando fuertemente en la generación de este tipo de producto, lo que no ha estado exento de dificultades, ya que las tensiones de crecimiento en la madera constituyen una seria barrera tecnológica para su implementación operacional en el procesamiento de esta.

Bosques Nativos

En el año 1974 se promulgó el Decreto Ley N° 701, con la finalidad de regular el uso de los bosques en terrenos forestales y así conservar, mejorar, proteger e incrementar los recursos forestales del país.

Posteriormente, en 1980, se promulgó para el bosque natural el Reglamento Técnico (Decreto Supremo N° 259) que regula el manejo del bosque nativo de modo de asegurar la regeneración. En este se reconocen los siguientes métodos de corta: Corta a Tala Rasa, Corta de Árbol Semillero, Corta de Protección y Corta Selectiva o Entresaca. Esta normativa ha tenido por objetivo velar por la sustentabilidad del bosque natural, es decir, que se obtengan productos

⁶ www.simulador.cl

de calidad en forma continua. En la Figura N° 1 se muestra un diagrama para la definición de esquemas de intervención en bosques naturales⁷.

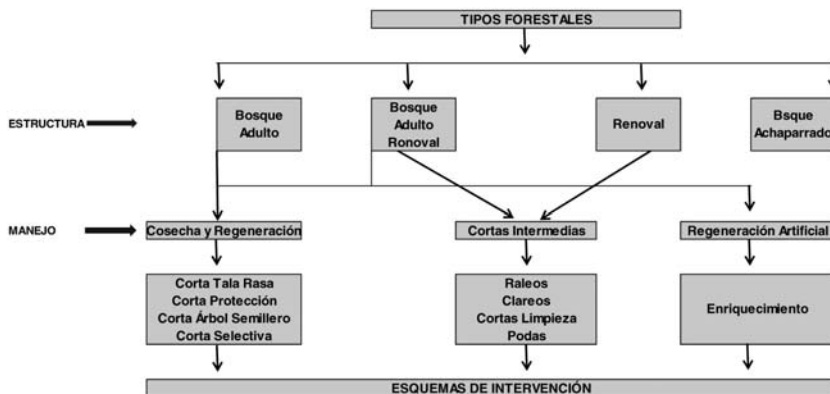


Figura N° 1
ESQUEMA DE INFORMACIÓN PARA LAS INTERVENCIONES EN LOS
BOSQUES NATURALES

En estos bosques, pese a la legislación y abundancia de estudios, y a que constituyen comunidades forestales relativamente simples, si se las compara con las tropicales, existe muy poco manejo silvícola, sólo un 3% es manejado en forma sustentable. La mayoría de las intervenciones han sido meras cortas, que no consideran la sustentabilidad y conducen a la descapitalización económica, debida a pérdida de cantidad y calidad del recurso y a la fuerte alteración de su estructura.

La degradación de bosques para extraer leña, la conversión a actividades agrícolas y ganaderas, la fragmentación o aislamiento de bosques naturales entre plantaciones y otros usos de la tierra, los incendios forestales, los proyectos de infraestructura y las expansiones urbanas, son las principales amenazas para los bosques naturales.

Una proporción muy alta de la madera extraída de los bosques nativos es destinada a leña, para un comercio informal y escasamente controlado de esta, y sólo del orden de 500 mil metros cúbicos anuales se extraen para un mercado más regulado de trozas para aserrío, chapas y tableros. No obstante, en años recientes surge una mayor preocupación por la extracción y el uso de la leña y se crea un programa de certificación de este combustible, que busca principalmente certificar su origen, en términos del manejo adecuado de los bosques, y su calidad, en relación con la especie y el contenido de humedad.

Surgen otras iniciativas en la misma dirección, en el año 2010 se ha creado la organización gremial APROBOSQUE, entidad que agrupa a propietarios de bosques naturales que están

⁷ http://www.gestionforestal.cl:81/pt_02/bosquenativo/txt/estudioBosqueNativo.htm

utilizando una silvicultura cercana a la naturaleza para generar beneficios en forma perpetua. Esta iniciativa se lleva a cabo bajo las directrices de PROSILVA⁸. De esta forma los bosques naturales pueden generar sus beneficios ambientales y productivos a través de su dinámica natural, la cual puede ser mejorada con la intervención humana siempre y cuando éstas se hagan bajo el concepto de manejo forestal sostenible.

Se ha desarrollado también algunas herramientas, aunque insuficientes aún, para la proyección dasométrica de bosques naturales, destacando un simulador (NOTHO) para bosques de segundo crecimiento con especies del género *Nothofagus* de alta productividad con desagregación de productos forestales (Ortega y Gezán, 1998).

CERTIFICACIÓN FORESTAL Y BUENAS PRÁCTICAS

Chile ha sido pionero en América del Sur, en la adopción e incluso mejoramiento de Sellos de Manejo Forestal Sustentable y, desde la creación del estándar nacional CERTFOR⁹ en el año 2002, homologado por PEFC¹⁰ en 2004, la superficie certificada ha aumentado sostenidamente. Hoy, el sistema cuenta con una superficie certificada de 1,9 millones de hectáreas, lo cual lo convierte en el mayor sello de certificación de Chile, consolidando la tendencia internacional.

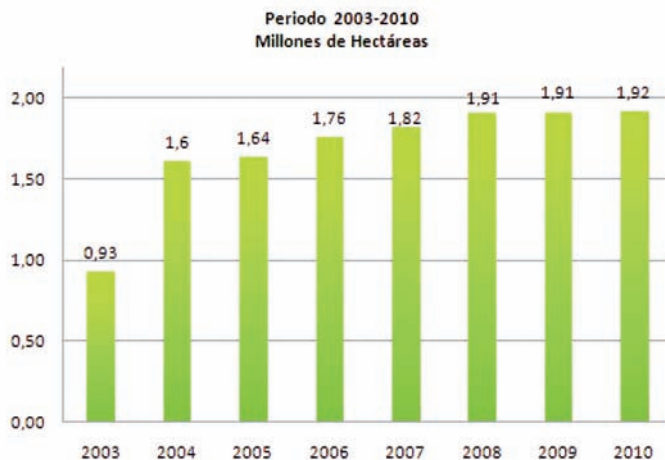


Figura N° 2
EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE CERTIFICADA MEDIANTE CERTFOR, EN CHILE¹¹

Respecto de las cadenas de custodia, la tendencia hacia la certificación de ellas

8 <http://www.prosilva.org.es/downloads/losprincipiosdeprosilva.pdf>

9 Sistema Chileno de Certificación de Manejo Forestal Sustentable, homologado internacionalmente por PEFC en octubre del 2004. <http://www.certfor.org/pefc.html>

10 Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes http://www.certfor.org/certfor_pefc.html

11 http://www.certfor.org/sobre_certificacion_ec.html

comenzó en el año 2004, registrándose una gran incorporación en el año 2005, producto de las mayores exigencias internacionales en términos de etiquetado. El 2009 fue un año de crecimiento explosivo, registrándose la incorporación de 16 nuevas empresas, el mayor crecimiento desde el inicio del sistema. El 2010 fue similar a 2009 en términos de nuevas cadenas de custodia, incorporándose 15 nuevas empresas. Actualmente el sistema cuenta con 49 cadenas de custodia.

Otro sello importante en Chile es FSC (Forest Stewardship Council), en la actualidad registra 456.923 ha, 17 áreas forestales certificadas y 76 cadenas de custodias certificadas (FSC, 2011). La certificación FSC, es el sistema más promisorio en Chile y en el mundo, ya que permite asegurar el manejo forestal responsable desde el punto de vista ambiental, social y económico. FSC Chile cuenta con el apoyo de ONG ambientales, consultoras, sindicatos, organizaciones sociales e indígenas, empresas forestales y científicos. Empresas como MASISA, Bosques Cautín, el Grupo COMACO, entre otras, están certificadas por este sello. Las dos grandes empresas forestales chilenas, Forestal MININCO y Forestal ARAUCO, están realizando esfuerzos para alcanzar esta certificación, además de tener el sello CERTFOR/PEFC.

En los bosques naturales, también se promueve la implementación apropiada y equitativa de la Ley de Bosque Nativo, la aplicación de Buenas Prácticas Forestales, y la adopción del Sistema Nacional de Certificación de Leña¹², como estrategias principales para aumentar las áreas de bosque bajo manejo y frenar la degradación de bosques debido a la extracción de leña sin planes de manejo. En el caso de la leña, busca también una mayor eficiencia energética y menor contaminación atmosférica en su utilización.

MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Desde la perspectiva de la mitigación del cambio climático, los bosques plantados, originados en gran parte gracias a la política de fomento forestal del Estado, juegan un papel relevante. ODEPA¹³ estima que la captura de carbono atmosférico es del orden de los 122 millones de toneladas de CO₂, monto calculado sobre la base de aproximadamente un millón de hectáreas bonificadas. A futuro este inventario se proyecta a los 163 millones de toneladas de CO₂, sin considerar, el carbono acumulado en los productos forestales (casas, muebles, juguetes, otros).

Las empresas chilenas están empezando a abordar el tema de la huella del carbono. Forestal ARAUCO ha determinado las emisiones directas e indirectas de gases de efecto invernadero, abarcando desde el suelo forestal hasta el producto terminado, para un millón de hectáreas de bosques plantados. Esta empresa midió en tres áreas de su actividad; la forestal, la de celulosa y la de madera aserrada y tableros, empleando las metodologías recomendadas por GHG¹⁴

12 El Sistema Nacional de Certificación de Leña (SNCL), es un Sistema implementado en Chile y que certifica el contenido de humedad de la leña (< ó = 25%) y que esta procede de un área con un plan de manejo vigente y visado por el Servicio Forestal del Estado (CONAF).

13 http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/serviciosinformacion/publica/Estudio_estimacion_del_carbono_capturado_en_plantaciones.pdf

14 The Greenhouse Gas Protocol

Los resultados de esta iniciativa de Forestal ARAUCO indican que la producción de celulosa emite 344 kg CO₂e/ADT¹⁵, y este rubro representa el 58% de los GEI¹⁶ que se generaron durante el 2008. Las operaciones forestales alcanzaron 23 kg CO₂e/t, representando el 26% de las emisiones, la producción de tableros 90 kg CO₂e/t con un 13%, y la producción de madera con 83 kg CO₂e/m³ y el 10% del total.

También es importante destacar el esfuerzo realizado por algunas empresas forestales en la comercialización de bonos de carbono de bosques plantados, fundamentalmente en mercados voluntarios.

El uso de leña certificada y el creciente consumo de residuos forestales de la silvicultura y de las industrias primaria y secundaria de transformación de la madera, son también importantes aportes en la mitigación del cambio climático, en especial si se considera que su uso es carbono neutral, que son combustibles provenientes de recursos naturales renovables, y que están reemplazando a combustibles fósiles. Algunas de estas iniciativas se han desarrollado mediante el MDL¹⁷ y actualmente ya existe una capacidad de generación basada en dendroenergía y residuos industriales, como los licores negros de las plantas de celulosa, que alcanza a más de 600 MW.

SUSTENTABILIDAD DE LOS BOSQUES NATURALES

El Instituto Forestal de Chile (INFOR), realizó un análisis de la sustentabilidad en el 67% de los bosques naturales de Chile y, de acuerdo a este, las regiones de Maule, Biobío y La Araucanía son aquellas que se encuentran más vulnerables, y posiblemente no tengan la resiliencia suficiente para soportar las alteraciones en los regímenes de temperaturas y precipitaciones que se prevé originaría el cambio climático (Martin *et al.*, 2010).

Igualmente, respecto de la aplicación de la ley que fomenta el manejo de bosques nativos con incentivos a intervenciones silvícolas, es posible que sectores muy vulnerables soporten sólo intervenciones de conservación, y que la posibilidad de intervenciones productivas sea sólo al largo plazo.

En el Cuadro N°2 se muestra un *ranking* de la situación de sustentabilidad de los ecosistemas forestales por regiones del país.

15 ADT: Air Dry Metric Ton, que corresponde a una tonelada métrica de celulosa que puede tener como máximo un 10% de humedad.

16 Gases de efecto invernadero

17 Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto, que permite comercializar su ahorros de emisiones de emisiones de

Región	Estado	Puntaje Estandarizado* (0 = Regular)	Ranking	Condición
Maule	Deficiente	-0.74	7	Tendencia negativa
Bio Bio	Deficiente	-0.70	6	Tendencia negativa
La Araucanía	Deficiente	-0.57	5	Tendencia negativa
Los Ríos	Regular	-0.01	3	Estable
Los Lagos	Regular	-0.16	4	Estable con tendencia negativa
Aysén	Regular	0.13	1	Estable con tendencia positiva
Magallanes	Regular	0.10	2	Estable con tendencia positiva

*Valores negativos muestran una condición también negativa.

Cuadro N° 2 SITUACIÓN GENERAL DE SUSTENTABILIDAD POR REGIÓN

*Valores negativos muestran una condición también negativa.

La promulgación de la Ley de Recuperación de Bosque Nativo es un hito importante en el escenario actual, constituye una gran oportunidad de iniciar la recuperación de las capacidades de producción de bienes y servicios de los bosques, sin embargo también una amenaza en bosques cuya actual condición general no soportaría actividad silvícola intensa.

Martin *et al.* (2010) destacan que el manejo de los recursos comprendidos en los ecosistemas forestales debe necesariamente ser reorientado hacia métodos más integrales de gestión forestal; manejo ecosistémico, manejo adaptativo, manejo de impacto reducido, junto con instancias de recuperación que consideren todos los bienes y servicios asociados al recurso bosque, actuando a escalas de operación territoriales y no sólo a nivel específico de rodal.

Esto se resume en considerar el concepto de ordenación forestal de multirecursos y, al respecto, estos autores destacan también la iniciativa colaborativa del Instituto Forestal, instituto de investigación del Ministerio de Agricultura, con asociaciones de propietarios privados de bosques naturales, como APROBOSQUE en Valdivia, Región de los Ríos, para la aplicación del concepto de manejo forestal sostenible en la gestión de los bosques.

TENDENCIAS

En Chile, la actividad forestal es intensa, la propiedad privada de los bosques permite que los propietarios contantemente estén buscando innovaciones con iniciativas para optimizar la producción de bienes y servicios.

A continuación se destaca algunas iniciativas impulsadas y desarrolladas por empresas forestales, como MASISA, por diferentes ONG, por organismos del estado y por agencias internacionales.

- Identificación de Bosques de Alto Valor de Conservación. Definidos como aquellos que albergan atributos excepcionales, de gran importancia, relacionados con la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y las necesidades de las comunidades locales y su identidad cultural. Se integran en áreas privadas de conservación donde se aplica un manejo forestal con criterio de manejo adaptativo y un enfoque precautorio.
- Establecimiento de *New Generation Plantations*. Concepto de plantaciones que han contribuido positivamente a la conservación y al desarrollo social, por lo cual está orientado al aprendizaje basado en experiencias concretas. En Chile se está promoviendo esta nueva generación de plantaciones que son compatibles con la integridad de los ecosistemas y su biodiversidad, involucran a los actores locales y protegen los Bosques de Alto Valor de Conservación.
- Certificación FCS - SLIMF¹⁸. Certificación en Grupo. Un programa para reducir costos de pequeños propietarios y simplificar certificación de contratistas silvícolas FSC hacia los servicios ambientales. Aumentar sumideros de los bosques (FSC – REDD+¹⁹, entre otros).
- Certificación FSC y Comercio Justo (CJ). Aplicado a comunidades y pequeños productores (por ejemplo en la comuna de Curacautín, en la Región de la Araucanía).
- Capacitación de Productores. Miembros de las Iniciativas WFTO²⁰ y COMPORTE²¹ (FSC- COPADE²²) España, Chile. Es una alternativa valiosa para las exportaciones chilenas, según principios ambientales y sociales reconocidos a nivel internacional por el respaldo de las organizaciones involucradas, FSC y CJ.
- Primer Consorcio de Biocombustibles Forestales, Bioenergías. Las empresas Celulosa Arauco, CMPC y MASISA, la Universidades de Concepción y de Valparaíso, y la Fundación Chile formaron el primer consorcio de biocombustibles forestales, que se concentrará en tres grandes temas; la producción de etanol, a partir de la fermentación de derivados de la celulosa (hexosas y pentosas); el mejoramiento de biocombustibles sólidos (por ejemplo, pellets de bambusáceas); y la optimización de la eficiencia de la cogeneración.
- Conformación del *Cluster* de Madera de la Región de los Ríos. Su objeto es mejorar el desempeño de la pequeña y mediana industria o propiedad forestal,

18 Small and Low Intensity Managed Forests. Bosques Manejados a Pequeña Escala y en Baja Intensidad.

19 UN REDD+: Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation. Mecanismo de la NU en estudio para incorporar reducciones de emisiones de GEI, mediante el manejo de bosques nativos y la prevención de la deforestación, al mercado internacional del carbono.

20 Estándar WFTO : World Fair Trade Organization

21 <http://www.comercio-justo.cl/es/>

22 <http://www.copade.es/#inicio>

con el apoyo de las grandes empresas, institutos de investigación y universidades. La Corporación de la Madera (CORMA), ARAUCO, MASISA, el Instituto Forestal, la Corporación Nacional Forestal, la Universidad Austral, APROBOSQUE, el Grupo Nitens, la Agenda Local 21, entre otros actores, comprometen su participación.

Chile ha ingresado al siglo XXI con un recurso forestal importante y un fuerte y creciente desarrollo industrial basado en este.

Una superficie de 2,6 millones de plantaciones forestales, la mayor parte de ella bajo silvicultura intensiva y de alta productividad; tasas de forestación anuales que exceden con mucho a las cortas anuales; y extensas áreas desarboladas donde ampliar este recurso, aseguran que el desarrollo basado en los bosques plantados mantenga o incremente su ritmo de crecimiento, garantizando producción, retorno de divisas, trabajo y desarrollo rural.

El recurso forestal nativo en tanto, cercano a 14 millones de hectáreas, requiere de protección, conservación y manejo, de acuerdo a su estado actual, su composición de especies y su ubicación, entre otros aspectos, y es hoy el mayor desafío sectorial.

Dentro de las áreas protegidas del Estado existen unos 4 millones de hectáreas de bosques, en donde están representados y bajo protección los principales ecosistemas forestales. En términos económicos, unos 7 millones de hectáreas deben ser puestos bajo manejo forestal sostenible para la provisión de productos madereros y no madereros, servicios ecosistémicos, paisaje y recreación. En materia social, el manejo y desarrollo de los bosques nativos debe representar un trascendente medio de desarrollo rural.

La cubierta forestal, de más de 16 millones de hectáreas, aumenta paulatinamente, el país no registra deforestación y la sustitución de bosques nativos no está permitida. Más allá de si los bosques están destinados a la producción, a la protección o a la conservación, estos absorben carbono y lo fijan en sus tejidos y en el suelo, sea temporalmente o a perpetuidad, y constituyen una cantidad y variedad de hábitats para flora y fauna, asegurando la biodiversidad.

La creciente presión de la sociedad respecto de los temas ambientales, la política de fomento forestal que aplica el Estado y la convicción cada vez más instalada en el ambiente empresarial y de los propietarios forestales, respecto de que si estos temas se ignoran no hay desarrollo posible en el futuro próximo, son elementos que permiten esperar para este siglo la definitiva consolidación de un crecimiento sectorial en el cual se equilibren todas las funciones que cumplen los bosques.

El sector forestal chileno se encuentra, en consecuencia, en una expectante posición para enfrentar los desafíos que se avecinan, continuar siendo un eje de desarrollo del país, y constituirse en un significativo aporte a la sociedad nacional e internacional en materias ambientales.

REFERENCIAS

Burschel, P., Edens, J. y Morello, J., 1991. Política de Explotación del Bosque Nativo. Programa de Cooperación Técnica. FAO, Santiago. 115 p

CONAF, CONAMA, BIRF, 1999. Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Nacional con Variables Ambientales. 87 p.

FSC, 2011. Global FSC certificates: Type and distribution. Marzo. 23 p.

Fundación Chile, 2005a. Manual Práctico de Manejo. Simulador de Árbol Individual para Pino Radiata (*Pinus radiata* D. Don): Arquitectura de Copa y Calidad de Madera. Proyecto FONDEF D0111021. Santiago, Chile.

Fundación Chile, 2005b. Tablas Auxiliares de Producción. Simulador de Árbol Individual para Pino Radiata (*Pinus radiata* D. Don): Arquitectura de Copa y Calidad de Madera. Proyecto FONDEF D0111021. Santiago, Chile.

INFOR, 2005. Disponibilidad de Madera de Plantaciones de Pino Radiata en Chile 2003-2032. Informe Técnico No. 170. 111 p.

INFOR, 2010. Anuario Forestal 2010. Instituto Forestal. Boletín Estadístico N° 128-

Martin, M., Bahamondez, C., Pugin, A., Jofre, P., Muller-Using, S. y Rojas, Y., 2010. Reporte de Sustentabilidad de los Ecosistemas Forestales Nativos Región del Maule a Región de Magallanes. Informe Técnico N° 180. Instituto Forestal. Chile.

Ortega, A. y Gezán, S., 1998. Cuantificación de Crecimiento y Proyección de Calidad en *Nothofagus*. Proyecto FONDEF D97/1065 titulado "Software de planificación de actividades en renovales de roble, raulí y coigüe en la Novena y Décima Regiones". En: BOSQUE 19(1): 123-126, 1998. Universidad Austral de Chile.

Valencia, J. y Cabrera, J., 2008. *Eucalyptus nitens* en Chile: Desarrollando Silvicultura de Alto Valor. Informe Técnico 175. Instituto Forestal. 108 p.

REGLAMENTO DE PUBLICACION

CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL es una publicación técnica, científica, arbitrada y seriada del Instituto Forestal de Chile, en la que se publica trabajos originales e inéditos, con resultados de investigaciones o avances de estas, realizados por sus propios investigadores y por profesionales del sector, del país o del extranjero, que estén interesados en difundir sus experiencias en áreas relativas a las múltiples funciones de los bosques, en los aspectos económicos, sociales y ambientales. 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 tres 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 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 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 sólo 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 sólo 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, espacio simple y un espacio libre entre párrafos. Letra Arial 10. Un tab (8 espacios) al inicio de cada párrafo. No numerar páginas. Extensión máxima trabajos 25 carillas para artículos y 15 para Apuntes. Justificación ambos lados.

Primera página incluye título en mayúsculas, negrita, centrado, letra Arial 12, 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 12 y autor (es), institución, país y correo, letra 10, normal minúsculas, bajo una línea horizontal, justificado a ambos lados, y bajo esto otra línea horizontal. Ej:

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

Título puntos principales (Resumen, Summary, Introducción, Objetivos, etc) en mayúsculas, negrita, letra 10, margen izquierdo. Sólo para Introducción usar página nueva, resto puntos principales seguidos, separando con un espacio antes y 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 guión 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 referencia citadas en texto y sólo 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. Sólo se aceptan cuadros y figuras, no así tablas, gráficos, fotos u otras denominaciones. Toda forma tabulada de mostrar información se presentará como cuadro y al hacer mención en texto (Cuadro N° 1). Gráficos, fotos y similares serán presentadas como figuras y al ser mencionadas en texto (Figura N° 1). En ambos casos aparecerán enmarcados en línea simple y centrados en la página. En lo posible su contenido escrito, si lo hay, debe ser equivalente a la letra Arial 10 u 8 y el tamaño del cuadro o figura proporcionado al tamaño de la página. Cuadros deben ser titulados como Cuadro N° , minúsculas, letra 8, negrita centrado en la parte superior de estos, debajo en mayúsculas, negritas letra 8 y centrado el título (una línea en lo posible). Las figuras en tanto serán tituladas como Figura N° , minúscula, letra 8, negrita, centrado, en la parte inferior de estas, y debajo en mayúsculas, letra 8, negrita, centrado, el título (una línea en lo posible). Si la diagramación y espacios lo requieren es posible recurrir a letra Arial *narrow*.

Cuando la información proporcionada por estos medios no es original, bajo el marco debe aparecer entre paréntesis y letra 8 la fuente o cita que aparecerá también en referencias. Si hay símbolos u otros elementos que requieren explicación, se puede proceder de igual forma que con la fuente.

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

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** y no M. m. MT MTS mt mts o mtrs y otras formas como a menudo se ve en las carreteras y otros lugares; metro cúbico **m³**, metro ruma **mr**; o hectáreas **ha** y no HTA HAS há o hás.

Llamados a pie de página: Cuando estos son necesarios, serán numerados en forma correlativa para cada página, no de 1 a n a lo largo del trabajo. Aparecerán 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 los miembros de este 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

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).

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.

Respecto del peso de los archivos, tener presente que 1 Mb es normalmente el 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, el trabajo es aceptado como fue propuesto (Artículo o Apunte) y no hay observaciones de fondo, el trabajo es 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 INVESTIGACION FORESTAL

ARTICULOS

PAGINAS

COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES DASOMÉTRICAS EN PLANTACIONES DE <i>Pinus contorta</i> Dougl. Ex Loud., BAJO MANEJO SILVOPASTORAL Y FORESTAL EN LA REGIÓN DE AYSÉN, CHILE. Sotomayor Alvaro, Moya Ivan, Acuña Bernardo. Chile	265
ÁLAMO CRIOLLO (<i>Populus nigra</i> cv <i>Italica</i>) IMPREGNADO COMO ALTERNATIVA AL USO DE MADERA DE <i>Nothofagus</i> spp EN LA PROVINCIA DE SANTA CRUZ, ARGENTINA. Spavento, Eleana; Keil, Gabriel Nosetti, Julia; Monelos, Lucas y Peri, Pablo. Argentina.	291
ENSAYOS DE DEGRADACIÓN A CAMPO DE ALAMO CRIOLLO (<i>Populus nigra</i> cv <i>Italica</i>) PRESERVADO, ESTUDIO DE ALGUNAS PROPIEDADES. Keil, Gabriel, Nosetti, Julia, Spavento, Eleana, Monelos, Lucas y Dias, Boris. Argentina.	303
FORESTACIÓN MULTIPROPÓSITO PARA LA REGIÓN DE AYSÉN. Cisternas, Juan Carlos. Chile.	313
BASES PARA EL DESARROLLO DE UN PROYECTO FORESTAL CON PLANTACIONES DE ÁLAMOS EN EL VALLE IRRIGADO DE GOBERNADOR GREGORES, ARGENTINA. Davel, M.M.; Fernández, M.V.; Gabriel, J.C.; Núñez, H.R.; Peri, P. y Alonso, M.V. Argentina.	331
PODER CALORÍFICO DE <i>Acacia dealbata</i> Link CRECIDA EN CHILE. Pinilla, Juan Carlos y Hernández Gonzalo. Chile.	353

APUNTES

HACIA EL MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE DE LOS BOSQUES CHILENOS. Ipinza, Roberto. Chile.	381
REGLAMENTOS DE PUBLICACIÓN	395

