

Volumen 18 N° 1  
Abril 2012

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

# CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL



**INSTITUTO FORESTAL  
CHILE**





**VOLUMEN 18 N° 1**

**CIENCIA E  
INVESTIGACION  
FORESTAL**

**ABRIL 2012**

**INSTITUTO FORESTAL  
CHILE**



---

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

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

---

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

---

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

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

---



# PRODUCTIVIDAD DE UNA PRADERA NATURAL MEJORADA BAJO LA INFLUENCIA DE SISTEMAS SILVOPASTORALES CON *Pinus contorta* EN RELACION A UNA SITUACIÓN DE MANEJO GANADERO SIN ÁRBOLES

Sotomayor, Alvaro<sup>1</sup>; Teuber Osvaldo<sup>2</sup>; Moya Ivan<sup>1</sup> y Almonacid, Patricio<sup>2</sup>

## RESUMEN

Entre los años 2004 y 2008, se realizó un estudio en la Región de Aysén, Chile, para evaluar el desarrollo y composición de una pradera naturalizada, creciendo bajo plantaciones de *Pinus contorta* Doug. Ex Loud. manejadas bajo ordenación silvopastoral en sistemas homogéneos y en fajas alternadas, en relación a una pradera sin árboles. De acuerdo a los resultados obtenidos en cuatro temporadas de evaluación, se registró una mayor producción de la pradera en el tratamiento silvopastoral en fajas en todas las temporadas evaluadas, con diferencias significativas en relación al tratamiento ganadero.

En relación a la composición de los pastos, también se observa un efecto beneficioso de los árboles sobre las leguminosas y gramíneas. De acuerdo a los resultados obtenidos, existe una mayor presencia de leguminosas en el tratamiento silvopastoral en fajas y tradicional, aunque no existen diferencias significativas con el ganadero. Sí se presentaron diferencias significativas, a favor de los tratamientos silvopastorales, para gramíneas con respecto al ganadero. Esto indica, que la protección de los árboles sobre la pradera benefició el desarrollo de las leguminosas y gramíneas presentes en las temporadas evaluadas. Lo anterior está relacionado con una mayor cobertura de copa, la cual ha beneficiado con su protección el desarrollo de las leguminosas y gramíneas. Al final del periodo de evaluación, la cobertura de copa máxima alcanzada ha sido del 32% para silvopastoral tradicional y de 31% para silvopastoral en fajas alternadas.

Además, se evaluó la distribución y composición de los pastos creciendo bajo la influencia de los árboles en tratamientos silvopastorales, comprobándose que las leguminosas prosperaron mejor al abrigo de los árboles, pero que aumentaban su presencia a medida que se alejaban de éstos, entre 2,5 a 5,0 m, con una menor proporción bajo la copa o a un metro de éstas. En relación a las gramíneas, éstas aumentaron su presencia en las cercanías de los árboles, entre 1,0 a 2,5 m.

Por lo anterior, los sistemas silvopastorales se presentan como una buena alternativa para mejorar la productividad praterense, sin descuidar la protección del ambiente.

Palabras clave: Sistemas Agroforestales, *Pinus contorta*, praderas.

---

<sup>1</sup> Instituto Forestal (INFOR), asotomay@infor.cl

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)

## SUMMARY

Between 2004 and 2008, a study was conducted in the Region of Aysén, Chile, to evaluate the development and composition of a naturalized prairie, growing under *Pinus contorta*, managed through homogeneous silvopastoral systems and in alternated stripes in relation to a livestock treatment, without trees. According to the results of four years evaluation, there was increased production of prairie in strip silvopastoral treatment in all seasons evaluated, with significant differences related with non trees treatment.

In relation to the composition of the pastures, there is also a beneficial effect of the trees over legume and grasses. According to the results, there is a greater presence of legumes in the traditional and strip silvopastoral treatments, but no significant differences with the non trees treatment. There were significant differences in favor of silvopastoral treatments for grasses in relation with livestock treatment.

Keywords: Agroforestry Systems, *Pinus contorta*, Grassland

## INTRODUCCIÓN

La Región de Aysén, Chile, presenta severos contrastes en cuanto a su productividad y sustentabilidad ambiental. Por un lado, algunos predios ganaderos ubicados en suelos planos y profundos, o en lomajes suaves, presentan altas productividades, pero requieren también altas inversiones en fertilización y mejoramiento de praderas y genética animal. Por otro lado, existen miles de hectáreas de suelos de aptitud forestal que han sido descubiertos de bosques naturales para su uso en la agricultura en los últimos dos siglos (Teuber y Ganderatz, 2009).

Gran parte de los suelos descubiertos están siendo utilizados en prácticas ganaderas, de baja productividad, y se encuentran erosionados desde una categoría leve a severa (IREN-CORFO, 1979; Teuber y Ganderatz, 2009). El uso de estos suelos mediante prácticas más sustentables es un desafío para esta Región de Chile.

El principal uso de los suelos agrícolas de la Región de Aysén es el de praderas naturales, destinadas al uso ganadero extensivo, con un 88,7% de la superficie agrícola utilizada, de la cual el 56,5% pertenece a grandes propietarios (INE, 1997). Esto se contrasta con las menores superficies de plantaciones del país a nivel regional, con solo 43 mil ha (INFOR, 2008).

Las bajas tasas de forestación, se deben a la baja aceptación de los ganaderos respecto de las actividades de forestación tradicional, ya que usualmente la perciben como una competencia con sus usos productivos agrícolas tradicionales.

Una práctica que se ha estado estudiando en los últimos años por INFOR e INIA, instituciones pertenecientes al Ministerio de Agricultura de Chile, es el uso de sistemas agroforestales, principalmente sistemas silvopastorales y cortinas cortavientos, para así reintroducir el árbol en una forma amigable con los sistemas productivos ganaderos y con la cultura productiva de los propietarios de Aysén. De esta forma, se espera reducir el nivel de erosión de los suelos y ayudar a mejorar la productividad de éstos, protegiéndolos del factor erosivo más importante en la región, que es el viento (Teuber y Ganderatz, 2009).

Los sistemas silvopastorales son una forma de aplicación de los sistemas agroforestales y se los define como aquella práctica agroforestal que combina árboles, con forraje 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).

Algunos de los beneficios que se ha identificado de la aplicación de los sistemas silvopastorales en predios ganaderos y/o forestales tradicionales son:

Aprovechar la protección que puede ofrecer el árbol, tanto a los animales como a la pradera, frente a condiciones climáticas adversas (Sotomayor, 1989)

Diversificar la actividad productiva de la mediana y pequeña empresa agrícola, haciendo un uso eficiente y sustentable de los recursos prediales disponibles (Snaydon y Harris, 1979)

Generar flujos de caja anuales y mejorar la liquidez de los agricultores o de la empresa forestal tradicional (Sotomayor, 2009; Murgeitio, 2009)

Reducir el riesgo de incendio y controlar el crecimiento de malezas en plantaciones forestales tradicionales (Murgeitio, 2009)

Mejorar el crecimiento y calidad de la madera producida

Mejorar la belleza escénica del predio y el valor de la propiedad (Sotomayor y Cabrera, 2008; Sotomayor, 2009)

Protección y mejoramientos de los suelos (Nair, 1987; Murgeitio, 2009).

En un sentido económico, la integración que logra el manejo silvopastoral permite la producción de madera de alta calidad, cuando es aplicado correctamente, generando ingresos de mediano y largo plazo, a la vez de proveer 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).

La incorporación de árboles en sectores destinado al uso exclusivo de pastoreo conforma un sistema sustentable con variados beneficios ambientales, los cuales se relacionan con la protección invernal de los animales, en particular del efecto del viento sobre el descenso de la temperatura; el mejoramiento de la capacidad de retención de humedad del suelo (Mead, 2009); el bombeo de nutrientes desde la parte más profunda del perfil a la porción más superficial; y, en general, con el aumento del contenido de materia orgánica del suelo (Sotomayor *et al.*, 2009; Murgeitio, 2009).

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 and Buck, 1997; Garret *et al.* 2004; Mead, 2009; Sotomayor *et al.*, 2009). En este sentido, los manejos asociados deben estar orientados a minimizar la competencia entre los estratos arbóreos y herbáceos, así como el daño potencial que puede provocar la presencia de animales en las plantaciones forestales (Lewis, 1983).

En términos generales, el mayor conflicto entre los estratos arbóreo y la herbáceo se relaciona con la competencia por agua y nutrientes, especialmente en el establecimiento de las plantaciones forestales, y con 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, 1990b).

Si bien es reconocido en diversos estudios que el desarrollo y cierre del dosel arbóreo, estrechamente ligado al desarrollo de las especies y el manejo forestal, provoca una disminución de la producción de forraje, se ha observado que bajo determinadas condiciones este efecto es compensado por la acción protectora que ejercen los árboles sobre los pastos (Solangarachchi y Harper, 1997; Benavides *et al.*, 2009).

La acción protectora de los árboles disminuye la velocidad del viento y atenúa la acción del frío en el invierno y de las altas temperaturas de verano y reduce la pérdida de humedad durante el verano, situación que permite que la cubierta herbácea permanezca por más tiempo disponible para el ganado (Solangarachchi y Harper, 1997; Sotomayor *et al.*, 2009)

## OBJETIVO

Comparar la productividad de una pradera natural mejorada, bajo la influencia de manejo silvopastoral con la especie *Pinus contorta*, en relación a una situación de manejo ganadero sin árboles.

## MATERIAL Y METODO

### Diseño y Tratamientos

Para evaluar la factibilidad de uso de sistemas silvopastorales con coníferas de crecimiento lento (*Pinus ponderosa*, *Pinus contorta* y *Pseudotsuga menziesii*) en la Región de Aysén, este estudio consideró la implementación de módulos silvopastorales y ganaderos, con el objeto de evaluar la productividad de estos y su validación bajo las condiciones edafoclimáticas regionales.

Los tratamientos instalados, su diseño y superficie, para dar respuestas a las interrogantes planteadas en objetivo, relacionadas con la producción pratense bajo tres esquemas de manejo, son descritos en el Cuadro N° 1. Los ensayos fueron instalados durante el año 2004, y para efectos de evaluación de la pradera, se dispuso parcelas de evaluación por tratamiento con un diseño al azar, de acuerdo a lo expuesto en el cuadro mencionado.

**Cuadro N° 1**  
**SUPERFICIE Y PARCELAS DE EVALUACIÓN PRATENSE POR TRATAMIENTO**

Tratamientos	Superficie		Parcelas Evaluación	
	Total (ha)	Efectiva* (ha)	(N°) **	(m <sup>2</sup> )
T 2 Silvopastoral tradicional, con pradera natural mejorada mediante fertilización.	5,3	3,94	7 (J)	0,50
T 3 Silvopastoral en fajas alternadas, con pradera natural mejorada mediante fertilización.	5,5	4,19	7 (J)	0,50
T 4 Ganadero tradicional, con pradera natural mejorada mediante fertilización, sin árboles.	4,3	4,30	7 (J)	0,50

\*: Superficie efectiva de pradera, descontando área cubierta con desechos de poda y raleo.

\*\* : Tipo de parcela, J: Jaula de exclusión de 50 x 50 x 100 cm.

La información para la evaluación de la pradera fue tomada en cuatro temporadas: 2004-2005, 2005-2006, 2006-2007 y 2007-2008. La temporada se calcula entre octubre a abril-mayo de cada año, es decir primavera a otoño.

### Parámetros Evaluados

#### -Materia Seca

La materia seca, consiste en la materia generada por el secado a 60°C en hornos del material pratense verde cortado en las jaulas de evaluación. Las evaluaciones para determinar la curva de crecimiento de la pradera en materia seca, consisten en la toma de muestras seriadas, cada 30 días, entre diciembre y mayo de cada temporada, utilizando la metodología de jaulas de exclusión.

Cada una de las muestras es pesada para determinar su peso verde y posteriormente secada para establecer la cantidad de materia seca (kg MS / ha).

Se utilizó un diseño experimental de jaulas de exclusión dispuestas al azar dentro de los tratamientos T2, T3 y T4, las cuales variaron de ubicación en cada temporada. Para las evaluaciones, se utilizaron 7 jaulas de exclusión de 50\*50\*100 cm por tratamiento, y 2 segadoras eléctricas para el corte de muestras.

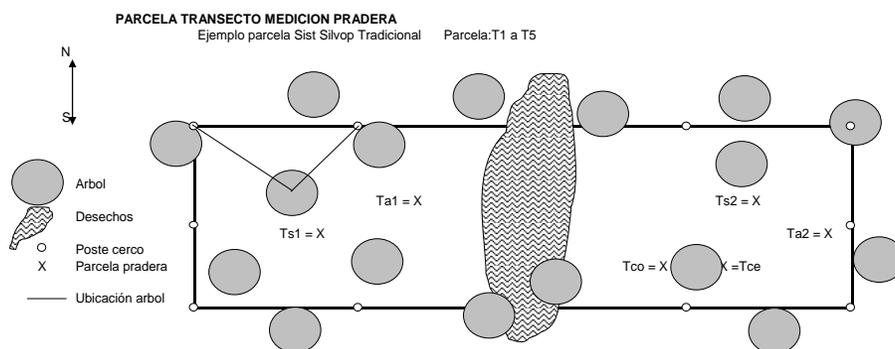
### -Composición de la Pradera

Se evaluó la distribución de la composición botánica de la pradera en relación a componente forestal mediante análisis de composición florística para determinar la participación relativa de las principales especies de gramíneas, leguminosas, de malezas y la presencia de material muerto. Estos análisis se fueron realizados en el Laboratorio de Recursos Naturales del CRI Tamel Aike de INIA, Comuna de Coyhaique.

Para la determinación de la composición de la pradera y su relación con el componente forestal para los casos silvopastorales, se utilizó un sistema de transectos de 5 m de ancho por 22 m de largo, para estudiar el comportamiento de la pradera bajo influencia arbórea en los dos tratamientos silvopastorales, y como testigo en el tratamiento ganadero. Se estableció 5 transectos por cada tratamiento, y 6 parcelas de medición de 50\*50\*100 cm por transecto. Estos transectos fueron cercados para excluirlos del uso animal.

Para la medición de la pradera en el tratamiento silvopastoral tradicional, se establecieron parcelas de medición, similar a lo expuesto anteriormente para materia seca, ubicadas bajo diferentes condiciones: condición de bajo copa, semi-sombra y sector sin influencia directa de la copa, según la siguiente descripción (Figura N° 1):

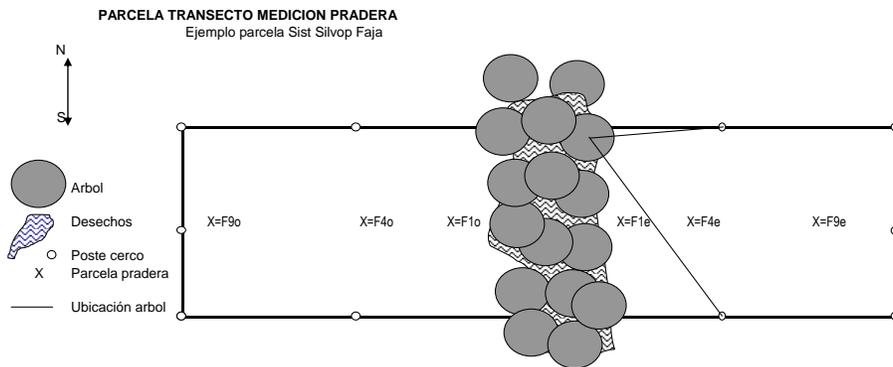
- Parcela T1bce: Bajo copa, ubicación este: a 0,3 m del fuste del árbol.
- Parcela T1bco: Bajo copa, ubicación oeste: a 0,3 m del fuste del árbol.
- Parcela T1ss1: Semi-sombra, ubicación este: a 1,5 m de la proyección de copa del árbol.
- Parcela T1ss2: Semi-sombra, ubicación oeste: a 1,5 m de la proyección de copa del árbol.
- Parcela T1a1: Sin cobertura, ubicación este: a 2,5 m de la proyección de copa del árbol.
- Parcela T1a2: Sin cobertura, ubicación oeste: a 2,5 m de la proyección de copa del árbol.



**Figura N° 1**  
**DESCRIPCIÓN PARCELA DE EVALUACIÓN DISTRIBUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE PRADERA NATURAL, EN TRATAMIENTO SILVOPASTORAL TRADICIONAL**

Para tratamiento en fajas, el transecto considera el efecto a cada lado de las fajas de árboles (orientación este y oeste), y se midió la producción de la pradera, según la siguiente descripción (Figura N° 2):

- Parcela Fe1: Ubicación este, a 1 m de la de proyección de copa
- Parcela Fe4: Ubicación este, a 4 m de la de proyección de copa
- Parcela Fe9: Ubicación este, a 9 m de la de proyección de copa
- Parcela Fo1: Ubicación oeste, a 1 m de la de proyección de copa
- Parcela Fo4: Ubicación oeste, a 4 m de la de proyección de copa
- Parcela Fo9: Ubicación oeste, a 9 m de la de proyección de copa



**Figura N° 2**  
**DESCRIPCIÓN PARCELA DE EVALUACIÓN DISTRIBUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE PRADERA NATURAL, EN TRATAMIENTO SILVOPASTORAL EN FAJAS**

Para realizar los análisis estadísticos, se utilizó un análisis de varianza tradicional, dado que se cumplen los criterios básicos para este; los datos presentan una distribución normal, son independientes y hay heterogeneidad de varianzas.

Para el análisis de la variable producción pratense ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ ) y composición de la pradera, se realizó un análisis de mediciones anuales, con jaulas de exclusión ubicadas en lugares diferentes y al azar cada año.

Estas mediciones son independientes unas de otras, lo que origina cumplimiento de la independencia de datos (las mediciones del año 2 no dependen de las mediciones del año 1 y así sucesivamente), dado lo cual se usó el análisis de varianza tradicional.

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 corresponde al modelo expuesto en fórmula 1.

$$Y = \mu + T + t + (T * t) + P + E \quad \text{Formula 1. Modelo de análisis estadístico}$$

Donde: Y = Modelo  
 $\mu$  = Constante

T = Tratamiento  
 t = Tiempo  
 P = Parcela  
 E = Error

## RESULTADOS

### Productividad Pradera en Materia Seca

Los resultados de producción de la pradera ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ ) son presentados en el Cuadro N° 2 y Figura N° 3.

Cuadro N° 2  
 PRODUCCIÓN PRADERA TEMPORADA 2004-2005 A 2007-2008

Tratamiento	Producción Pradera por Temporada ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ )			
	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008
T2 Silvopastoral Tradicional	1485,7	6109,7	4153,2	4330,9
T3 Silvopastoral en Fajas	2684,9	7181,6	6394,5	5359,7
T4 Ganadero Tradicional	2452,1	3832,0	3874,1	3513,6

En las cuatro temporadas de evaluación, la producción de la pradera en materia seca por hectárea en el sistema silvopastoral en fajas ha sido la que alcanzó las mayores producciones.

La producción de la pradera en el sistema silvopastoral tradicional ha evolucionado positivamente a partir de la segunda temporada, por sobre el sistema ganadero. Se ha observado un rápido incremento en la producción pratense en este tratamiento silvopastoral, a partir de la segunda temporada de evaluación, debido a un mayor tiempo para expresar el potencial de desarrollo de la pradera después de la apertura del dosel superior.

Finalmente, el sistema ganadero tradicional ha sido el de menor desarrollo de la pradera.

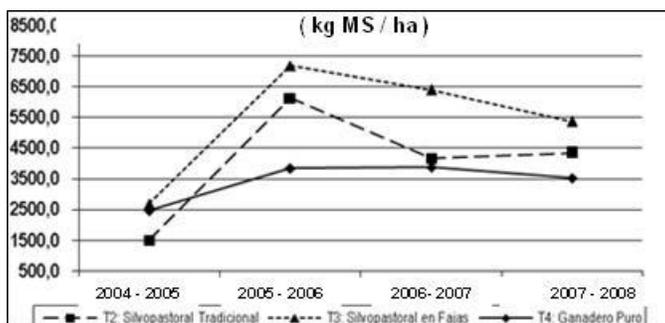


Figura N° 3  
 EVOLUCIÓN PRODUCCIÓN PRADERA, AÑOS 2004 A 2008

En los resultados expuestos en el Cuadro N° 3 se observa que el efecto tratamiento, tiempo (o temporada), y tratamiento\*tiempo son significativos para la variable MS.

Usando el test de Scott & Knott, a un  $\alpha \leq 0,05$ , para el efecto tratamiento\*tiempo, se obtuvieron los siguientes resultados (Cuadro N° 4).

Para el efecto tratamiento\*tiempo se observa en los resultados expuestos que en la primera temporada de producción no hubo diferencias significativas.

A partir de la segunda temporada, los tratamientos silvopastorales, especialmente el tratamiento en fajas, comenzaron a mostrar una buena productividad, con diferencias significativas en relación al ganadero. Para las dos últimas temporadas de evaluación, el tratamiento en fajas mostró una mayor producción de la pradera, con diferencias significativas en relación a los otros dos tratamientos.

**Cuadro N° 3**  
**RESULTADO DE ANÁLISIS DE VARIANZA PARA MS**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	57303617	2	28651808	14,99	<0,0001
Tiempo	139135024	3	46378341	24,26	<0,0001
Tratamiento*Tiempo	27180681	6	4530114	2,37	0,0383
Error	135746021	71	1911916		
Total	359631714	82			

**Cuadro N° 4**  
**RESULTADO DE ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EFECTO TRATAMIENTO\*TIEMPO EN MS**

TRATAMIENTO	Temporada	Medias	n	Significancia $p \leq 0,05^*$
T3. Sil. Fajas	2004-2005	2684,87	7	C
T4. Ganadero	2004-2005	2452,11	7	C
T2. Sil. Tradicional	2004-2005	1485,73	7	C
T3. Sil. Fajas	2005-2006	7181,57	7	A
T2. Sil. Tradicional	2005-2006	6109,69	7	A
T4. Ganadero	2005-2006	3832,06	7	B
T3. Sil. Fajas	2006-2007	6394,53	7	A
T2. Sil. Tradicional	2006-2007	4153,24	7	B
T4. Ganadero	2006-2007	3874,07	7	B
T3. Sil. Fajas	2007-2008	5359,67	7	A
T2. Sil. Tradicional	2007-2008	4330,94	7	B
T4. Ganadero	2007-2008	3513,58	6	B

\*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

En general, la mejor producción en todas las temporadas fue para el tratamiento en fajas. La peor temporada de producción fue el primer periodo de evaluación, 2004-2005, para los tres tratamientos, debido a que fue el primer año de producción después de la fertilización, y después de la apertura del dosel para los tratamientos silvopastorales. La mejor fue la segunda temporada

de evaluación, producto de las mismas razones expuestas, fertilización y reducción de cobertura de copa.

### Composición de la Pradera

Para analizar la composición de la pradera y su evolución en los años de estudio, se presenta los datos por cada tipo de pasto presente en la pradera y por temporada.

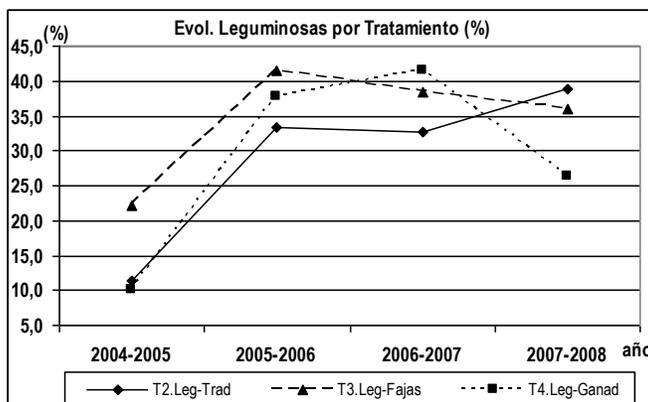
#### - Leguminosas

En el Cuadro N° 5 se entrega los resultados de la evolución de las leguminosas por tratamiento y temporada, con presencia mayoritaria de trébol blanco (*Trifolium repens*), por tratamiento y año.

**Cuadro N° 5**  
**COMPOSICIÓN DE LEGUMINOSAS POR TRATAMIENTO Y TEMPORADA**

Tratamiento	Tipo Pasto	Composición de Leguminosas (%)			
		2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008
T 2 Silvopastoral Tradicional	Leguminosas	11,3	33,3	32,8	38,8
T 3 Silvopastoral en Fajas	Leguminosas	22,1	41,4	38,4	36,0
T 4 Ganadero Tradicional	Leguminosas	10,1	37,8	41,4	26,3

La evolución de leguminosas en los tratamientos (Cuadro N° 5 y Figura N° 4) ha sido positiva producto de la fertilización aplicada en el primer año de ensayo con azufre y nitrógeno, de un correcto manejo animal y de la apertura del bosque. En la temporada siguiente a la fertilización los tres tratamientos tuvieron un similar incremento porcentual de leguminosas. En la temporada 2007-2008 se observa que el tratamiento silvopastoral tradicional siguió incrementando la presencia de leguminosas y los otros dos tratamientos disminuyeron a 36 y 26% para silvopastoral en fajas y ganadero, respectivamente.



**Figura N° 4**  
**EVOLUCIÓN COMPOSICIÓN DE LEGUMINOSAS POR TRATAMIENTO Y AÑO**

Se emplearon los mismos análisis estadísticos utilizados para la variable materia seca y los resultados son los indicados en el Cuadro N° 6, donde se observa que el efecto modelo y temporada son significativos, pero el efecto tratamiento y tratamiento\*temporada no son significativos para la variable composición de leguminosas.

De acuerdo a lo anterior y a los resultados que contiene el Cuadro N° 7, no existen diferencias significativas en el tiempo para los tratamientos en cuanto a la composición de leguminosas, aunque los tratamientos silvopastorales presentan proporciones levemente superiores de este tipo de pasto, especialmente trébol blanco.

**Cuadro N° 6**  
**RESULTADO DE ANÁLISIS DE VARIANZA PARA COMPOSICIÓN DE LEGUMINOSAS**

Efecto	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	545,07	2	272,53	1,38	0,2583
Temporada	6773,44	3	2257,81	11,44	<0,0001
Tratamiento*Temporada	1089,98	6	181,66	0,92	0,4857
Error	13217,50	67	197,28		
Total	21611,60	78			

**Cuadro N° 7**  
**RESULTADO DE ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EFECTO TRATAMIENTO EN LEGUMINOSAS**

Tratamiento	Medias	n	Significancia p<=0,05*
T3 Silvopastoral en Fajas	34,49	27	A
T2 Silvopastoral Tradicional	29,01	27	A
T4 Ganadero Tradicional	28,87	25	A

\*Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

La única temporada donde se presentaron diferencias entre tratamientos fue la inicial, no presentándose diferencias en la últimas tres temporadas de evaluación (Cuadro N° 8). Esto último, producto del efecto de la fertilización y un buen manejo de pradera y pastoral.

**Cuadro N° 8**  
**RESULTADO DE ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EFECTO TEMPORADA EN LEGUMINOSAS**

Temporada	Medias	n	Significancia p<=0,05*
2006-2007	37,53	21	A
2005-2006	37,48	20	A
2007-2008	33,68	20	A
2004-2005	14,49	18	B

\*Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

## -Gramíneas

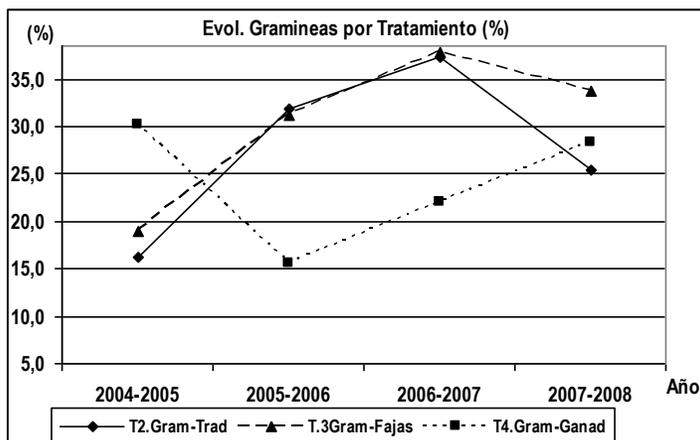
La principal gramínea presente en los tratamientos es pasto ovillo (*Dactylis glomerata*), la cual presentó un comportamiento similar en los tratamientos silvopastorales en las cuatro primeras temporadas (Cuadro N° 9 y Figura N° 5).

En la temporada 2005-2006, en el tratamiento ganadero se observa una fuerte disminución de gramíneas, que es coincidente con el aumento de las leguminosas en dicho tratamiento y temporada, para después recuperarse en las temporadas siguientes (Cuadro N° 9).

En los tratamientos silvopastorales, en la segunda temporada de crecimiento se produjo un aumento en la composición de gramíneas, al igual que en leguminosas para esa temporada. En la temporada 2006-2007 las gramíneas aumentaron en los tres tratamientos, y en la última temporada disminuyeron en T2 y T3 producto de una buena colonización de leguminosas, y aumentó en T4 producto de la disminución de las leguminosas en dicho tratamiento (Figura N° 5).

**Cuadro N° 9**  
**COMPOSICIÓN DE GRAMÍNEAS POR TRATAMIENTO Y AÑO**

Tratamiento	Tipo Pasto	Composición de Gramíneas (%)			
		2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008
T 2 Silvopastoral Tradicional	Gramíneas	16,1	31,8	37,2	25,4
T 3 Silvopastoral en Fajas	Gramíneas	18,9	31,2	37,8	33,8
T 4 Ganadero Tradicional	Gramíneas	30,2	15,5	22,1	28,3



**Figura N° 5**  
**EVOLUCIÓN COMPOSICIÓN DE GRAMÍNEAS POR TRATAMIENTO Y AÑO**

Como se observa en los resultados expuestos en el Cuadro N° 10, el efecto tratamiento fue significativo, pero el efecto tiempo y tratamiento\*tiempo no son significativos para la variable composición de gramíneas.

Los resultados que aparecen en el Cuadro N° 11 y la Figura N° 5 indican que no existen diferencias significativas entre los tratamientos silvopastorales en el tiempo para gramíneas, pero sí entre estos y el tratamiento ganadero.

**Cuadro N° 10**  
**RESULTADO ANÁLISIS DE VARIANZA PARA COMPOSICIÓN DE GRAMÍNEAS**

Efectos	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	1843,05	2	921,52	7,48	0,0012
Tiempo	671,97	3	223,99	1,82	0,1523
Tratamiento*Tiempo	804,35	6	134,06	1,09	0,3787
Error	8256,43	67	123,23		
Total	11605,52	78			

**Cuadro N° 11**  
**RESULTADO ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EFECTO TRATAMIENTO DE GRAMÍNEAS**

Tratamiento	Medias	n	Significancia $p \leq 0,05^*$
T 3 Silvopastoral en Fajas	32,54	27	A
T 2 Silvopastoral Tradicional	30,56	27	A
T 4 Ganadero Tradicional	21,29	25	B

\*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

En el Cuadro N° 12 se observa que el efecto tiempo resultó no significativo, con una producción similar en las temporadas evaluadas.

**Cuadro N° 12**  
**RESULTADO ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EFECTO TIEMPO EN GRAMÍNEAS**

Temporada	Medias	n	Significancia $p \leq 0,05^*$
2006-2007	32,35	21	A
2007-2008	29,19	20	A
2005-2006	26,17	20	A
2004-2005	24,79	18	A

\*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

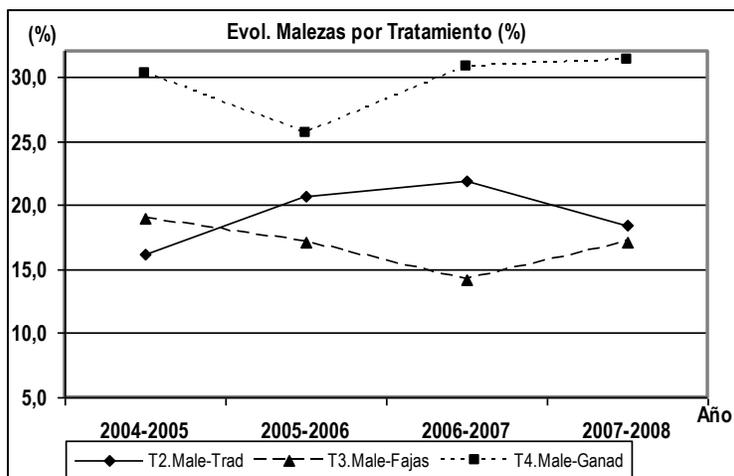
### **-Malezas**

En relación a las malezas, en los tratamientos silvopastorales no aumentó su presencia en las temporadas evaluadas (Cuadro N° 13). La razón aparente es que luego de la apertura del bosque inicial, tanto las gramíneas como leguminosas colonizaron rápidamente el terreno, no permitiendo el emplazamiento de malezas en una mayor proporción en estos tratamientos.

**Cuadro N° 13**  
**PRESENCIA DE MALEZAS POR TRATAMIENTO Y AÑO**

Tratamiento	Tipo Pasto	Composición de malezas (%)			
		2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008
T 2 Silvopastoral Tradicional	Malezas	16,1	20,7	21,9	18,4
T 3 Silvopastoral en Fajas	Malezas	18,9	17,1	14,2	17,1
T 4 Ganadero Tradicional	Malezas	30,2	25,7	30,8	31,4

En el tratamiento ganadero, las malezas se mantuvieron con una proporción constante desde el inicio del estudio, sin mostrar variaciones significativas en el tiempo (Figura N° 6), aunque con valores superiores a los tratamientos silvopastorales.



**Figura N° 6**  
**EVOLUCIÓN COMPOSICIÓN DE MALEZAS POR TRATAMIENTO Y AÑO**

En los resultados expuestos en el Cuadro N° 14 se observa que el efecto tratamiento es significativo, pero los efectos temporada y tratamiento\*temporada no son significativos para la variable composición de malezas.

**Cuadro N° 14**  
**RESULTADO ANÁLISIS DE VARIANZA PARA COMPOSICIÓN DE MALEZAS**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	2299,72	2	1149,86	12,38	<0,0001
Temporada	17,07	3	5,69	0,06	0,9800
Tratamiento*Temporada	312,23	6	52,04	0,56	0,7604
Error	6224,48	67	92,90		
Total	8884,10	78			

Según datos expuestos en el Cuadro N° 15 y la Figura N° 6, no existen diferencias significativas para el efecto tratamiento para malezas entre los tratamientos silvopastorales, pero si entre estos y el tratamiento ganadero, donde existe mayor presencia de malezas.

**Cuadro N° 15**  
**RESULTADO ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EFECTO TRATAMIENTO EN MALEZAS**

Tratamiento	Medias	n	Significancia p<=0,05*
T 4 Ganadero Tradicional	29,50	25	A
T 2 Silvopastoral Tradicional	19,29	27	B
T 3 Silvopastoral en Fajas	16,86	27	B

\*Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Para el efecto temporada, no hubo diferencias significativas (Cuadro N° 16).

**Cuadro N° 16**  
**RESULTADO ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EFECTO TIEMPO EN MALEZAS**

Temporada	Medias	n	Significancia p<=0,05*
2006-2007	22,30	21	A
2007-2008	22,29	20	A
2004-2005	21,77	18	A
2005-2006	21,17	20	A

\*Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

### **-Material Muerto**

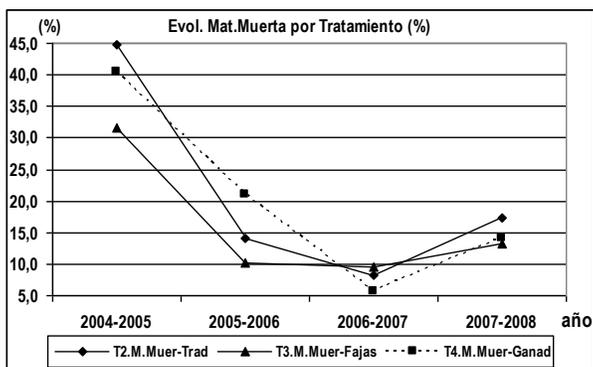
El contenido de material muerto en los sistemas silvopastorales, al inicio del ensayo estaba constituido por acículas de pino, ramillas, ramas gruesas y conos. En el caso del sector ganadero era material muerto de la pradera y otros vegetales leñosos.

**Cuadro N° 17**  
**PRESENCIA DE MATERIAL MUERTO POR TRATAMIENTO Y AÑO**

Tratamiento	Tipo Pasto	Composición Pradera (%)			
		2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008
T 2 Silvopastoral Tradicional	Material Muerto	44,9	14,2	8,1	17,4
T 3 Silvopastoral en Fajas	Material Muerto	31,5	10,3	9,6	13,1
T 4 Ganadero Tradicional	Material Muerto	40,5	21,1	5,7	14,0

Como se observa en el Cuadro N° 17 y en la Figura N° 7, este material se redujo fuertemente a partir de la segunda temporada, producto de un adecuado manejo de la pradera y animales y las fertilizaciones aplicadas.

En el Cuadro N° 18 se observa que solo el efecto temporada es significativo y los efectos tratamiento y tratamiento\*tiempo no son significativos para la variable composición de material muerto.



**Figura N° 7**  
**EVOLUCIÓN COMPOSICIÓN DE MATERIAL MUERTO POR TRATAMIENTO Y AÑO**

**Cuadro N° 18**  
**RESULTADO ANÁLISIS DE VARIANZA PARA COMPOSICIÓN DE MATERIAL MUERTO (%)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	400,63	2	200,31	2,97	0,0581
Temporada	10222,02	3	3407,34	50,55	<0,0001
Tratamiento*Temporada	709,76	6	118,29	1,76	0,1222
Error	4448,46	66	67,40		
Total	15806,46	77			

De acuerdo a resultados expuestos en el Cuadro N° 19 y en la Figura N° 7, se observa que no existen diferencias significativas en el tiempo entre los tratamientos, con valores de materia muerta levemente superiores para los sistemas silvopastorales, por una mayor proporción de acículas de pino.

**Cuadro N° 19**  
**RESULTADO ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EFECTO TRATAMIENTO EN MATERIAL MUERTO**

Tratamiento	Medias	n	Significancia p<=0,05*
T 2 Silvopastoral Tradicional	21,29	26	A
T 4 Ganadero Tradicional	20,33	25	A
T 3 Silvopastoral en Fajas	16,11	27	A

\*Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Para el efecto tiempo (Cuadro N° 20), la temporada inicial presenta mayores valores de material muerto, con diferencias significativas respecto a las otras temporadas. Lo anterior debido a que en ese periodo había mayor presencia de este material por un mal manejo anterior, en el caso ganadero, y por la presencia anterior de una alta densidad de árboles en los tratamientos silvopastorales, lo cual originaba un mayor depósito de hojarasca forestal, disminuyendo en temporadas posteriores debido al manejo forestal realizado.

En la temporada 2006-2007 se presentaron los menores valores de material muerto, con diferencias estadísticas en relación a las otras temporadas.

**Cuadro N° 20**  
**RESULTADO ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EFECTO TIEMPO EN MATERIAL MUERTO**

Temporada	Medias	n	Significancia p<=0,05*
2004-2005	38,97	18	A
2005-2006	15,18	20	B
2007-2008	14,84	20	B
2006-2007	7,99	20	C

\*Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

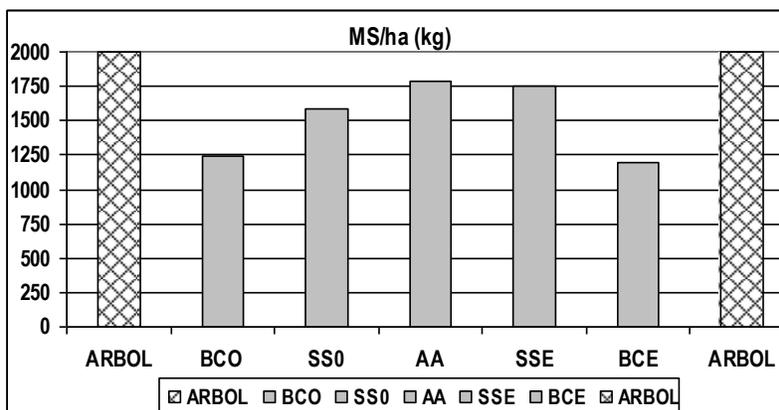
### Distribución de la Producción en Materia Seca

En el siguiente análisis se presentan los resultados de las evaluaciones de los transectos, realizados para evaluar la composición de la pradera bajo el efecto de los árboles en los tratamientos silvopastorales. En su evaluación y análisis se realiza un análisis descriptivo.

#### -Sistema Silvopastoral Tradicional

Como se observa en la Figura N° 8, se genera una curva normal en la distribución de la producción de la pradera, bajo la influencia arbórea en el sistema tradicional.

La producción disminuye un 30% en situación bajo copa de los árboles (BCO y BCE), y un 7% a semisombra (SSO y SSE), con respecto a una situación relativamente abierta (AA-2,5 m, Figura N° 9) sin la influencia directa del árbol (promedio de AO y AE). No se presentan diferencias con respecto a la ubicación este (E) u oeste (O).

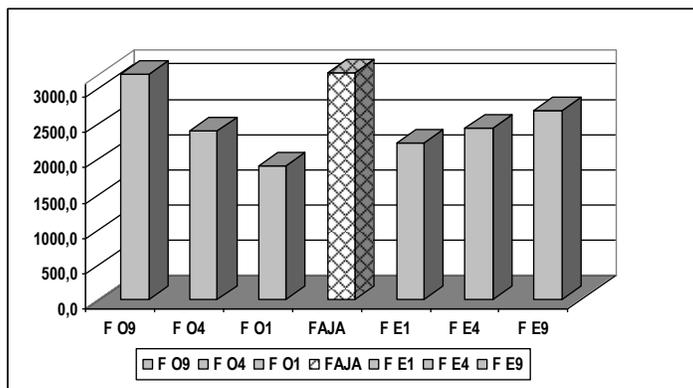


**Figura N° 8**  
**DISTRIBUCIÓN DE LA PRADERA EN TRATAMIENTO SILVOPASTORAL TRADICIONAL**  
**POR EFECTO DE LA CERCANÍA DE LOS ÁRBOLES**

#### -Sistema Silvopastoral en Fajas

Para el tratamiento en fajas (Figura N°9), se observa una distribución similar al sistema tradicional, con una producción menor mientras más cerca se encuentre de la copa de los árboles.

La producción disminuye en un 29% para parcelas ubicadas a 1 m de la copa de árboles de la faja (O1 y E1) y en un 17% para parcelas ubicadas a 4 m (O4 y E4), con respecto a la producción encontrada a 9 metros de la faja (O9 y E9).

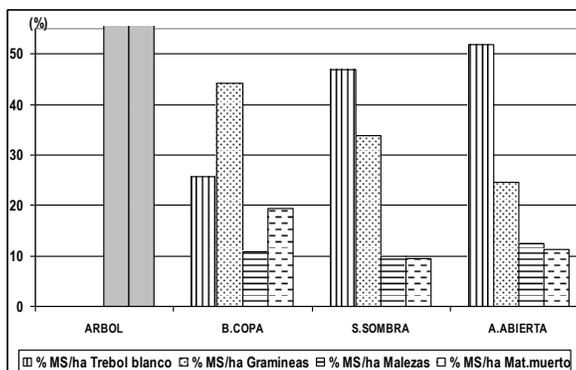


**Figura N° 9**  
DISTRIBUCIÓN DE LA PRADERA EN TRATAMIENTO SILVOPASTORAL EN FAJAS POR EFECTO DE LA CERCANÍA DE LA FAJA DE ÁRBOLES

## Distribución de la Composición de los Pastos

### -Sistema Silvopastoral Tradicional

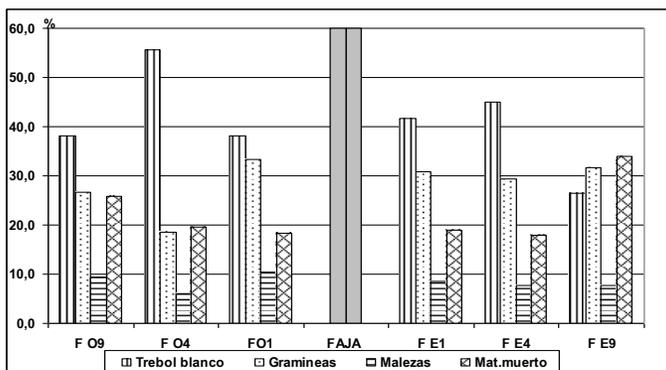
La composición de la pradera en el sistema tradicional varía de acuerdo a la cercanía de las copas de los árboles, que en este caso se encuentran a un distanciamiento promedio de 5,2 m uno del otro. Para trébol blanco (leguminosa), a medida que se aleja de la copa aumenta su presencia, y para pasto ovillo (gramínea) disminuye (Figura N° 10). El material muerto, compuesto principalmente por acículas y ramillas pequeñas de los árboles, aumenta con la cercanía de las copas, y las malezas no son afectadas.



**Figura N° 10**  
DISTRIBUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LA PRADERA, EN RELACIÓN A LA CERCANÍA DE LOS ÁRBOLES EN EL SISTEMA SILVOPASTORAL TRADICIONAL (2007-008)

## -Sistema Silvopastoral en Fajas

En el caso de tratamiento en fajas, donde estas fajas se encuentran a una distancia una de otra de 21 a 22 m promedio, existe una tendencia en leguminosas (trébol blanco) a aumentar a una distancia de 4 m de la faja (O4 y E4), y disminuir cuando esta distancia aumenta a 9 m (O9 y E9). Las gramíneas aumentan con la cercanía a la faja (O1 y E1), y las malezas tienen una distribución sin una tendencia clara. El caso de material muerto, aumentó a medida que se aleja de la faja, lo cual es diferente al caso tradicional.



**Figura N° 11**  
**DISTRIBUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LA PRADERA EN RELACIÓN A CERCANÍA DE FAJAS DE ÁRBOLES, EN EL SISTEMA SILVOPASTORAL EN FAJAS (2007-2008)**

Para leguminosas, de acuerdo a estos resultados (tradicional y fajas), existe una tendencia a aumentar a una distancia de 4-5 m de los árboles y en gramíneas lo mismo a 1-2 m. No se encontraron diferencias entre ubicación este u oeste.

## DISCUSIÓN

### Producción de la Pradera en Materia Seca

De acuerdo a los resultados obtenidos, en las cuatro temporadas de evaluación, se ha visto un buen desarrollo del componente herbáceo en los dos sistemas con densidades silvopastorales, lo cual ha sido superior al sistema ganadero. La producción de la pradera en el tratamiento en fajas ha sido mayor a los otros dos tratamientos, con diferencias significativas.

En el sistema en fajas, los árboles dispuestos como cortinas cortavientos (Figura N° 12), otorgan una buena protección a la pradera, sin afectar, hasta la fecha de evaluación, su productividad.

Estos resultados indican que los sistemas silvopastorales se presentan como una buena alternativa para mejorar la productividad praterense, ofreciendo además efectos ambientales positivos en términos de protección de suelos y abrigo al ganado.



**Figura N° 12**  
**DESARROLLO DE LA PRADERA EN RELACIÓN A PRESENCIA DE ÁRBOLES, POR TRATAMIENTO: T2,**  
**DESARROLLO DE ÉSTA BAJO LA INFLUENCIA DIRECTA DE LOS ÁRBOLES (izq; T3, INFLUENCIA DE**  
**FAJAS SOBRE LA PRADERA SIMULANDO CORTINAS (centro); T4, PRADERA SIN LA INFLUENCIA DE**  
**ÁRBOLES (der).**

Los resultados presentan una correlación positiva entre la productividad herbácea y las densidades arbóreas en los sistemas silvopastorales, lo cual no concuerda con los resultados obtenidos por otros autores (Lewis *et al.*, 1983; Watson *et al.*, 1984; Percival *et al.*, 1984a; Peri *et al.*, 2007), que indican que a medida que la densidad o cobertura de copa aumenta, disminuye la producción herbácea. Es posible que en el caso de este estudio, aún no se refleje esta tendencia de efecto de la competencia arbórea sobre la productividad de la pradera dado el corto periodo de evaluación, solo cuatro temporadas. Al final del periodo de evaluación, la cobertura de copa máxima alcanzada ha sido del 32% para silvopastoral tradicional y de 31% para fajas. Sin embargo, en las últimas temporadas se ha observado una tendencia a la disminución en su productividad, lo cual se debe seguir evaluando en próximas temporadas. Diversos autores indican que se produce una reducción importante de la producción herbácea cuando la cobertura de copa aumenta sobre el 40-50% (Lewis *et al.*, 1983; Wolters, 1974; Belesky *et al.*, 2006; Peri *et al.*, 2007).

Los resultados positivos de producción pratense en los tratamientos silvopastorales entregados en el presente estudio pueden deberse a los beneficios que otorga el componente forestal al modificar positivamente los factores climáticos en esta zona patagónica de Chile. Diversos autores mencionan la disminución del viento, el aumento de la temperatura del suelo y ambiental, y el aumento de la humedad relativa entre otros factores beneficiosos para el desarrollo de los vegetales, lo cual coincide con lo expuesto por Anderson *et al.* (1988), Sotomayor (1990b) y Polla (1998).

También, es probable que existiera al inicio del ensayo una buena cama de semillas de leguminosas y gramíneas bajo los árboles. Esto les habría permitido prosperar rápidamente luego de la apertura del dosel por la llegada de más luminosidad al suelo, sin mayor competencia y con el abrigo de los árboles que les proporcionaron las condiciones apropiadas para ello. Además, se debe considerar que en temporadas anteriores previas al inicio del ensayo, el manejo ganadero y pratense que el propietario le daba al sector ganadero, al parecer no fue el más apropiado, por lo que la recuperación de la pradera en ese caso ha sido más lenta.

Respecto de la reducción de la productividad herbácea en la última temporada, esta se debe principalmente a tres factores. El principal es la sequía que ocurrió en el sur de Chile durante la primavera y verano 2007-2008. En un año normal de precipitación para la zona de Coyhaique, en primavera-verano (entre septiembre-enero) la pluviometría es de 282,6 mm año<sup>-1</sup> (Cuadro N° 21), y esa temporada llovió solo 229,3 mm en la zona de Coyhaique (estación oficial Dirección General de Aguas DGA más cercana), con una déficit del 19%. Si se compara estos valores oficiales con los registros de precipitación obtenidos en las estaciones climáticas ubicadas en los tratamientos, esta reducción fue del 34,5%.

**Cuadro N° 21**  
**PRECIPITACIÓN MENSUAL ESTACIÓN COYHAIQUE**

AÑO	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
	(mm)							
2004-2005	77,1	83,4	40,4	77,9	44,6	13,1	114,4	123,8
2005-2006	11,9	76,5	103,1	3,6	87,7	23,9	98,6	113,7
2006-2007	47,1	100,1	45,7	111,9	s.i	s.i	s.i	s.i
2007-2008	48,7	82,9	17,3	30,3	50,1	s.i	s.i	s.i
Media Mes*	59,0	70,4	48,5	56,0	48,7	34,1	69,4	90,6
Estación climática tratamiento ganadero temporada 2007- 2008**	s.i.	53,6	s.i.	25,6	36,7	16,5	32,9	76,3

\* Estación Coyhaique (Escuela Agrícola) datos 1980 a 2008. Altitud 343 msnm; 45° 34' 26 LS y 72° 01' 43 LO

\*\*Estación ubicada en tratamiento ganadero, Predio San Gabriel.

El segundo factor que puede haber afectado la productividad herbácea es la influencia del componente forestal en el desarrollo de la pradera en los sistemas silvopastorales. Es especialmente importante considerar la cobertura de copa, que aumentó de 15% a 32% en el sistema tradicional y de 24 a 31% en el tratamiento en fajas en las últimas temporadas, dado que este aumento de cobertura de copa afecta la cantidad de luz que recibe la pradera (Lewis *et al.*, 1983; Watson *et al.*, 1984; Percival *et al.*, 1984b; Peri *et al.*, 2007) y modifica otros factores climáticos como la velocidad del viento (Teuber *et al.*, 2009) y temperatura (Percival *et al.*, 1984b).

El tercer factor es la disminución de azufre en la última temporada de evaluación, apreciada en un análisis de fertilidad de los suelos, este elemento es deficitario en los suelos de la Región de Aysén y limita su productividad.

Se deberá analizar estas tendencias en temporadas futuras para corroborar lo expuesto en otros estudios, o correlacionar estos resultados con el efecto positivo de los árboles en ambientes fríos y ventosos, como es ésta zona austral de Chile.

### **Composición de la Pradera**

En relación a la composición de pastos en la pradera, también se observa un efecto beneficioso de los árboles sobre las leguminosas y gramíneas. De acuerdo a los resultados expuestos (Figura N° 4) existe una mayor presencia de leguminosas en el tratamiento en fajas y tradicional, aunque no existen diferencias significativas con el ganadero. Sí se presentaron diferencias significativas, a favor de los tratamientos silvopastorales, para gramíneas (Cuadro N° 11) con respecto al ganadero.

Esto indica, que la protección de los árboles sobre la pradera benefició el desarrollo de las leguminosas y gramíneas presentes en las temporadas evaluadas. Lo anterior puede estar relacionado con una mayor cobertura de copa, lo cual ha beneficiado con su protección el desarrollo de las leguminosas y las gramíneas.

Algunos autores han indicado que las leguminosas se adaptan mejor a la sombra para su desarrollo que las gramíneas. Lo anterior se ajusta a los resultados expuestos por Watson *et al.* (1984), encontrando en su estudio que las especies más tolerantes al efecto sombra fueron las leguminosas, como trébol subterráneo y trébol encarnado, con resultados superiores a las gramíneas, como ballica anual y festuca. Por otro lado, Percival *et al.* (1984a) encontraron que la cobertura de trébol blanco y ballica anual aumentaban con el tiempo, en cada año de medición

entre los 2 y 9 años, creciendo bajo densidades de 100 a 400 arb ha<sup>-1</sup> de *Pinus radiata*, pero eran inferiores a una pastura abierta, y disminuían con un aumento de la densidad.

En estudio realizado por Lin *et al.* (1999), donde probaron el efecto de tres niveles de sombra (0; 50 y 80%), sobre diversas especies de pastos y leguminosas, encontraron que pasto ovillo no tuvo diferencias de producción total entre 0 y 50% de sombra, y que esta disminuyó a menos de la mitad con 80% de sombra. Similar resultado encontraron con trébol blanco, sin diferencias entre 0 y 50% de sombra. Los resultados de Lin *et al.* (1999), concuerdan con lo encontrado en el presente estudio, con un aumento de leguminosas en los tratamientos silvopastorales, con cobertura entre 31-32%, aunque no significativos, y con un aumento significativo en gramíneas, en relación al tratamiento ganadero con 0% de cobertura.

En cuanto a presencia de malezas y material muerto en los tres tratamientos estudiados en el presente trabajo, al parecer es un tema de manejo ganadero, dado que ambas redujeron su presencia luego de un adecuado manejo de los sistemas en el tiempo. Estos resultados son similares a lo expuesto por Percival *et al.* (1984a). En el futuro, se espera que la presencia de material muerto por acículas aumente con el aumento del desarrollo de las copas de los árboles en los tratamientos silvopastorales, lo cual debe ser manejado con podas y raleos y un adecuado manejo de desechos.

En relación a la distribución y composición de los pastos dentro de los tratamientos silvopastorales bajo la influencia de los árboles, se observó que las leguminosas prosperaron mejor al abrigo de los árboles, pero que aumentaron su presencia a medida que se alejaban del árbol, entre 2,5 a 5,0 m, con una menor proporción bajo la copa o a un metro de estas. En relación a las gramíneas, éstas aumentaron su presencia en las cercanías de los árboles, entre 1,0 a 2,5 m. Lo anterior es importante para la planificación del diseño de la densidad y distribución de los árboles en el sistema silvopastoral.

## CONCLUSIONES

Sobre la base a los resultados encontrados en el presente estudio, se puede concluir que la introducción de árboles, bajo un sistema de manejo y ordenamiento silvopastoral, en terrenos ganaderos de la Región de Aysén de Chile, ha sido beneficiosa para la producción pratense en las temporadas evaluadas.

Los dos sistemas silvopastorales presentaron una mejor producción pratense, en relación al sistema ganadero sin árboles, especialmente el sistema silvopastoral en fajas.

En relación a la composición de pastos en la pradera, se verificó una mayor presencia de leguminosas en los tratamientos silvopastorales en fajas y tradicional, aunque no existieron diferencias significativas con el ganadero. Para gramíneas, se presentaron diferencias significativas, a favor de los tratamientos silvopastorales, con respecto al ganadero.

Las leguminosas se desarrollaron mejor al abrigo de los árboles, a una distancia de 2,5 a 5,0 m, y con una menor proporción entre bajo copa y un metro de estas. En relación a las gramíneas, éstas aumentaron su presencia en las cercanías de los árboles, entre 1,0 a 2,5 m.

## 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.

Besley, D. P., Chatterton, N. J. and Neel, J. P. S., 2006. *Dactylis glomerata* growing along a light gradient in the central Appalachian region of the eastern USA: III. Nonstructural carbohydrates and nutritive value. *Agrofor. Syst.* (2006) 67:51-61.

**Benavides, R., Douglas, G., and Osoro, K., 2009.** Silvopastoralism in New Zealand: review of effects of evergreen and deciduous trees on pasture dynamics. *Agrofor. Syst.* DOI 10.1007/S10457-008-9186-6.

**Benedetti, S. y Valdés, J., 1996.** Prácticas agroforestales tradicionales en la zona árida y semiárida de Chile. La Serena, Chile, Ministerio de Agricultura; Corporación Nacional Forestal. 65p.

**DGA, 2008.** Antecedentes estadísticos de pluviometría, Dirección General de Aguas, Región de Aysén, no publicados. Coyhaique, Chile.

**Garret, H. E. and Buck, L., 1997.** Agroforestry practice and policy in the United States of America. *Forest Ecol. 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.

**INE, 2007.** Censo Nacional Agropecuario. Instituto Nacional de Estadísticas. Chile

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

**IREN-CORFO, 1979.** Perspectivas de desarrollo de los recursos de la Región de Aysen del General Carlos Ibañez del Campo: Suelos y Erosión, Caracterización Climática. Coyhaique, Chile. 113 pag.

**Lewis, C., Burton, C., Monson, W. and McCormick, W., 1983.** Integration of Pines, pastures and cattle in southern Georgia, USA. *Agrofor. Syst.* 1:277-297.

**Lin, C. H., Mc Graw, R. L., George, M. F. and Garret, H. E., 1999.** Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. *Agrofor.Syst.* 44: 109-119.

**Mead, D., 2009.** Biophysical interactions in silvopastoral systems: A New Zealand perspective. En: Actas del 1<sup>er</sup> 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<sup>er</sup> Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones Argentina. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina. Pp. 66-69.

**Nair, P. K. R., 1987.** Soil productivity under agroforestry. In: *Agroforestry Realities, Possibilities and Potentials*. Ed. by Gholz H. L., Martinus Nijhoff and Junk W. Dordrecht, The Netherlands.

**Percival, N., Bond, D., Hawke, M., Andrew, B. and Knowles, R., 1984a.** Effects of Radiate Pine pasture yields, botanical composition, weed production and production of a range of grass. In: Bibrough, G. W. (ed), *Proceedings of a technical workshop of agroforestry*. Ministry of Agriculture and Fisheries, Wellington. pp: 13-22

**Percival, N., Hawke, M. and Andrew, B., 1984b.** Preliminary report on climate measurements under *Pinus radiata* plants in farmland. In: Bibrough, G. W. (ed), *Proceedings of a technical workshop of agroforestry*. Ministry of Agriculture and Fisheries, Wellington. pp: 57-60

**Peri, P., Lucas, R. and Moot, D., 2007.** Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. *Agrofor. Syst.* 70: 63-79.

**Polla, C., 1998.** Estrategias de Acción en el Tema Silvopastoreo. En: Actas Seminario "Manejo Silvopastoral", Trabajo N°8, Young. Uruguay.

**Snaydon, R. W. and Harris, P. M., 1979.** Interactions belowground: The use of nutrients and water. In: *Proc. International Workshop on Intercropping*. Ed. by Willey, R. W. ICRISAT, Hyderabad, India. pp. 188-201.

**Solangaarachchi, S. M. y Harper, J. L., 1987.** The effect of canopy filtered light on the growth of White Clover, *Trifolium repens*. *Oecologia* 72: 372-376.

- 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., 1990b.** 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, 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<sup>er</sup> Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones Argentina. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina. pp.26-47.
- Sotomayor, A., Teuber, O. y Moya, I., 2009.** Resultados y experiencia sobre manejo de sistemas silvopastorales en la Región de Aysén. En: Sistemas Agroforestales para la Región de Aysén: Cortinas Cortaviento y Silvopastoreo. pp: 165-199. Ed: Teuber, O. Instituto de Investigaciones Agropecuarias e Instituto Forestal. Coyhaique, Chile.
- Teuber, O., Moya, I., y Sotomayor, A., 2009.** Resultados y experiencia en producción de cultivos forrajeros con cortinas adultas en 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.
- 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.
- Torres, F., 1983.** Role of woody perennials in animal agroforestry. Agrofor. Syst. 1:131-163.
- Watson, V. H., Pearson, H. A., Knight, W. E. and Hagedorn, C., 1984.** Cool season forages for use in Pine forests. Pp.79-88. In: Agroforestry in the Southern Unites States, 33<sup>rd</sup> Annual Forestry Symposium. Ed. by Linnartz, N. E. and Johnson, M. K. Louisiana Agric. Exp. Sta., Baton Rouge, Louisiana.
- Wolters, G. L., 1974.** Longleaf Uniola and Spike Uniola require shade. J. Range Manage. 34: 494-497.

# ESTIMACIÓN DE LA TOXICIDAD DE BIOPRESERVANTES TÁNICOS SOBRE HONGOS XILÓFAGOS

Murace, Mónica<sup>1</sup>; Spavento, Eleana<sup>1</sup>; Luna, María Luján<sup>2</sup> y Keil, Gabriel<sup>1</sup>

## RESUMEN

Los tratamientos preservantes amplían las posibilidades de uso de las maderas a partir del aumento de su resistencia a la degradación fúngica (durabilidad) y, consecuentemente, su vida útil en situaciones para las que no presentan adecuada durabilidad natural. En términos generales, la preservación involucra la utilización de compuestos químicos potencialmente perjudiciales para el ser humano y para el medio ambiente. A causa de ello, la sustitución de dichos compuestos por extractivos provenientes de especies con alta durabilidad constituye una alternativa a considerar.

El objetivo del trabajo fue estimar la toxicidad de biopreservantes elaborados en base a extractos tánicos de quebracho colorado (*Schinopsis balansae* Engl.) sobre hongos xilófagos, mediante ensayos en laboratorio, aplicando la técnica de *soil-block*.

Se trabajó con madera de Slash Pine (*Pinus elliottii* Engelm.) constituida en su totalidad por albura, preservada por vacío-presión (IRAM 9600, 1998) con soluciones hidrosolubles identificadas como Colatan IPG-A y Colatan IPG-B, elaboradas con extractos tánicos de quebracho colorado y reforzadas con sales minerales más un fijador de taninos.

En la madera impregnada fueron evaluadas la penetración y la retención de los preservantes, su distribución en el leño mediante microscopios estereoscópico y electrónico de barrido y la toxicidad de los mismos según norma IRAM 9518 (1962) en probetas expuestas a *Pycnoporus sanguineus* y *Gloeophyllum sepiarium*, hongos responsables de pudrición blanca y castaña, respectivamente.

La penetración de los preservantes en el leño fue total. Los valores de retención obtenidos fueron de 18,85 kg/m<sup>3</sup> y 19,40 kg/m<sup>3</sup> para IPG-A e IPG-B, respectivamente. Las soluciones se distribuyeron uniformemente en el tejido leñoso y se depositaron en las vías naturales de colonización fúngica. La madera tratada incrementó significativamente su resistencia a la degradación fúngica poniendo en evidencia el efecto tóxico de los productos ensayados. La mayor toxicidad se registró sobre la cepa de pudrición castaña, particularmente con el producto IPG-A. El tipo de penetración, los valores de retención y la distribución de las soluciones en el leño contribuyeron a explicar estos resultados.

En la madera de *Pinus elliottii* y ante las condiciones descritas, Colatan IPG-A e IPG-B resultan tóxicos para las cepas de ensayo y, en consecuencia, representan una alternativa natural de aumento de la resistencia a la degradación, en particular a la ocasionada por los hongos responsables de pudrición castaña.

Palabras Clave: Extractos tánicos, *Schinopsis balansae*, *Pycnoporus sanguineus*, *Gloeophyllum sepiarium*, degradación acelerada - *soil-block*.

---

1 Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Calle 60 y 119 s/n, CP: 1900, CC 31, La Plata, Buenos Aires, Argentina. mmurace@gmail.com

2 Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, CIC-BA.

## SUMMARY

The preservative treatments expand the potential uses of timbers since they increase their resistance to fungal degradation (durability) and, as a consequence, their time of utility in situations for which they are not durable enough. Preservation involves mainly the use of chemical compounds which are potentially harmful for humans and the environment. Thus, the replacement of these compounds by extractives from long-lasting timbers constitutes an alternative to consider.

The aim of this work was to estimate the toxicity of biopreservatives developed on the basis of tannic extracts from Quebracho Colorado (*Schinopsis balansae* Engl.), on xylophagous fungi through laboratory tests, applying the soil block technique.

*Pinus elliottii* Engelm. samples (sapwood), vacuum-pressure preserved (IRAM 9600, 1998) with water-soluble solutions identified as Colatan IPG-A e IPG-B, developed from tannic extracts of Quebracho Colorado and reinforced with mineral salts and chemical bonding agents of tanins, were employed.

The penetration and retention of preservative substances were evaluated, as well as the distribution of solutions by means of stereoscopic and scanning electron microscopes. The toxicity of the preservatives was analyzed (IRAM 9518, 1962) in cubic blocks exposed to *Pycnoporus sanguineus* and *Gloeophyllum sepiarium*, white and brown rot fungi, respectively.

Both preservatives penetrated completely wood samples. The retention values were 18.85 kg/m<sup>3</sup> and 19.40 kg/m<sup>3</sup> for IPG-A e IPG-B, respectively. The solutions were uniformly distributed in the woody tissue and they were deposited in the natural ways of fungal colonization. Treated wood increased significantly its resistance to fungal degradation supporting the toxic effect of the tested products. Preservative substances resulted more toxic for the brown rot strain, in particular the product IPG-A. The complete penetration of solutions in wood samples, as well as their retention values and homogenous distribution in the tissue contributed to explain the results.

Under described conditions and employing *Pinus elliottii* Engelm. wood samples, Colatan IPG-A and IPG-B are toxic for the tested strains and, as consequence, they represent a natural alternative to increase wood resistance to degradation, particularly those caused by brown rot fungi.

Key Words: Tannic extracts, *Schinopsis balansae*, *Pycnoporus sanguineus*, *Gloeophyllum sepiarium*, accelerated degradation, soil-block.

## INTRODUCCIÓN

En la madera en servicio, los hongos xilófagos son considerados los agentes de deterioro más agresivos, debido a que producen su alteración estructural (pudrición), en períodos de tiempo relativamente cortos; el hábito de crecimiento micelial y la actividad enzimática de estos organismos determinan su carácter de eficientes colonizadores y transformadores del sustrato.

La pudrición de la madera resulta de la degradación ectoenzimática de los componentes principales de la pared celular; celulosa, hemicelulosas y lignina. La rápida despolimerización de estos componentes desde los estadios iniciales del proceso de degradación (pérdida de peso  $\leq 10$  %) determina en la madera cambios químicos y estructurales que conducen a la reducción temprana de sus propiedades de resistencia, limitando consecuentemente su vida útil en situaciones propicias para este tipo de deterioro (contenidos de humedad superiores al punto de saturación de las fibras: 25%) (Wilcox, 1978; Zabel y Morrell, 1992; Ah Chee *et al.*, 1998; Curling *et al.*, 2002; Barnet y Jeronimides, 2003; Archer y Lebow, 2006).

La resistencia natural de las maderas a la degradación fúngica (durabilidad natural) puede ser incrementada mediante tratamientos preservantes (durabilidad adquirida). De acuerdo con esto, las prácticas de preservación amplían las posibilidades de uso de las maderas a partir del aumento de su vida útil en situaciones para las que no presentan adecuada aptitud natural (Díaz *et al.*, 2003; Miller *et al.*, 2003; Schmidt, 2006; Alves da Silva *et al.*, 2007; Lebow, 2010).

En términos generales, la preservación involucra el uso de compuestos químicos potencialmente perjudiciales para el ser humano y para el medio ambiente. A causa de ello, el uso de extractivos naturales (biopreservantes) es considerado y estudiado como una alternativa viable (Rodríguez Barreal, 1998; Onuorah, 2000; Kumar y Gupta, 2006; Velásquez *et al.*, 2006; Bernardis y Popoff, 2009). Da Silva Oliveira *et al.* (2000) y Thévenon *et al.* (2010) mencionan el tratamiento de las maderas no durables con extractivos provenientes de especies con alta durabilidad natural como también la utilización de dichos compuestos como modelos de síntesis de nuevos preservantes.

Entre los extractivos del duramen, los taninos son considerados como preservantes naturales dada su fuerte influencia en el retraso de la colonización y degradación fúngica y consecuentemente, en el aumento de la durabilidad de las maderas. Los efectos inhibitorios de estos compuestos aromáticos sobre el crecimiento micelial y las enzimas de los hongos son relacionados con la formación de productos complejos resultantes de su asociación con distintas biomoléculas – proteínas, almidón, sustancias pécticas, celulosa -. Asimismo es reconocida la resistencia al biodeterioro fúngico que se obtiene con la formación de complejos insolubles constituidos por sales minerales y taninos (Hillis, 1968; Hart y Hillis, 1972; Blanchette y Biggs, 1992; Zabel y Morrell, 1992; Gonzáles Laredo, 1996; Schwarze *et al.*, 2000; Aloui *et al.*, 2004; Barnet y Jeronimidis, 2003; Velásquez *et al.*, 2006; Lekounougou *et al.*, 2008; Thévenon *et al.*, 2010).

Ante la necesidad de analizar los efectos de nuevos principios activos y/o formulaciones químicas sobre la acción de los hongos xilófagos, los ensayos de laboratorio constituyen una alternativa viable y ventajosa debido a los cortos periodos de tiempo en los que se obtienen resultados. En la República Argentina, la Norma IRAM 9518 (1962) propone una metodología que permite evaluar la toxicidad, permanencia y eficacia de productos preservantes.

En cuanto a la toxicidad, ésta es estimada mediante la determinación del porcentaje medio de pérdida de peso en probetas preservadas y expuestas a la acción de cepas xilófagas a través de ensayos de laboratorio – ensayos de biodegradación acelerada - aplicando la técnica del *soil-block*. A los fines prácticos, la estimación de la toxicidad resulta adecuada solo para aquellos productos que se apliquen a maderas de uso interior y sin contacto con el suelo.

Como hipótesis de trabajo se considera que los biopreservantes tánicos son tóxicos para los hongos xilófagos y, en consecuencia, incrementan la resistencia de las maderas a la degradación fúngica.

## OBJETIVO

Estimar la toxicidad de biopreservantes elaborados en base a extractos tánicos de quebracho colorado (*Schinopsis balansae* Engl.) sobre hongos xilófagos, mediante ensayos de degradación en laboratorio, aplicando la técnica de *soil-block*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material Leñoso

El material consistió en madera de *Pinus elliottii* Engelm. proveniente de aserraderos de la localidad de El Dorado (26° 25' S, 54° 37' W), provincia de Misiones, Argentina.

Se trabajó con listones constituidos en su totalidad por albura, secos y cepillados, de sección cuadrangular, de 20 mm de lado y 1200 mm de longitud. Para cada listón fue determinado el contenido de humedad (CH%) mediante el método de pesadas (IRAM 9532, 1963) y su volumen (Va) con calibre digital (medición directa o estereometría).

### Impregnación del Material Leñoso

#### - Sustancias Preservantes

Los preservantes utilizados correspondieron a la marca comercial Colatan IPG perteneciente a la Empresa UNITAN SAICA: Colatan IPG-A y Colatan IPG-B.

Dichos productos consisten en soluciones hidrosolubles elaboradas con extractos tánicos de quebracho colorado, reforzadas con sales minerales más un fijador de tanino para evitar su lavado. La concentración (C) utilizada fue del 4%.

#### - Método de Impregnación

El material de ensayo fue impregnado por vacío - presión (VP) mediante el método Bethell - célula llena tradicional – (IRAM 9600, 1998). Los parámetros empleados en la impregnación por VP son especificados en el Cuadro N° 1. Fue impregnado un total de 6 listones, los cuales presentaron un CH promedio del 15,5%, valor aceptable según la normativa indicada.

**Cuadro N°1**  
**PARÁMETROS EMPLEADOS EN LA IMPREGNACIÓN POR VP**

Parámetro de Impregnación	Valores Reales de Trabajo
Concentración de la solución (%)	4
Vacío inicial: magnitud (Mg)*	600
Vacío inicial: duración (minutos)	15
Presión: magnitud (Kg/cm <sup>2</sup> )*	5
Presión: duración (minutos)	20
Vacío final: magnitud (Mg.)*	600
Vacío final: duración (minutos)*	5

\*Las unidades de vacío y presión son las de uso común en la industria.

La impregnación fue realizada en la planta piloto de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Argentina.

### **- Penetración y Cálculo de la Retención de los Preservantes**

La penetración de los preservantes fue estimada a ojo desnudo, a partir de la visualización de la profundidad alcanzada por el teñido que generaron las soluciones preservantes.

En cuanto al cálculo de la retención (R), los listones de madera fueron pesados antes (Pi) y después (Pf) de la impregnación. Luego, considerando la concentración (C) empleada y el Va, fueron obtenidos los valores de R mediante la siguiente fórmula:

$$R \text{ (Kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Pf (Kg)} - \text{Pi (Kg)}}{\text{Va (m}^3\text{)}} \times \frac{\text{C (\%)}}{100} \quad (1)$$

Culminada esta etapa, del total de listones impregnados fueron obtenidas 90 probetas cúbicas de 20 mm de lado, libres de defectos (45 por cada producto ensayado) con el propósito de evaluar la toxicidad de los biopreservantes tánicos mediante la técnica del *soil block* así como su distribución en la madera a partir de los estudios anatómicos.

### **Análisis Anatómico**

Los estudios anatómicos fueron realizados sobre un total de 10 probetas impregnadas (5 por sustancia preservante). El material fue observado con lupa y con microscopio electrónico de barrido (MEB), perteneciente al Servicio de Microscopía Electrónica de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP), Argentina.

Para las observaciones con MEB, se realizaron cortes transversales y longitudinales de madera obtenidos con cuchillas de metal, los cuales fueron montados sobre los tacos sin tratamiento previo y metalizados con un baño de oro-paladio.

### **Biodegradación**

#### **- Material Fúngico**

Las cepas xilófagas utilizadas fueron *Pycnoporus sanguineus* (L. ex Fr.) Bull. Murr. cepa 163 (LPSC) y *Gloeophyllum sepiarium* (Wulf.: Fr.) P. Karst. cepa 735 (LPSC) - Cepario del Instituto Spegazzini, La Plata, causantes de pudrición blanca (Pb) y castaña (Pc), respectivamente, consideradas especies de referencia para este tipo de ensayos (IRAM 9518, 1962; Mora y Encinas, 2001; Bobadilla *et al.*, 2005; Alves da Silva *et al.*, 2007; Bernardis y Popoff, 2009, Thévenon *et al.*, 2010).

El micelio fúngico fue repicado en cajas de Petri con medio de cultivo agar extracto de malta (AEM) e incubado en estufa a 25 °C ± 2 durante 15 días.

#### **-Material Leñoso**

Los ensayos de biodegradación fueron realizados con probetas cúbicas de albura de pino preservadas y sin tratamiento (testigos), de 20 mm de lado, libres de defectos y CH del 15,5 %.

Se trabajó con un total de 120 probetas, 80 impregnadas y 40 testigos (20 por condición de la madera; madera testigo y madera preservada con cada uno de los preservantes vs cepa xilófaga).

### Instalación de los Ensayos

Los ensayos de biodegradación fueron realizados en laboratorio según norma IRAM 9518 (1962). En frascos de vidrio de 500 cm<sup>3</sup> de capacidad fueron colocados 43 cm<sup>3</sup> de agua destilada y 200 g de una mezcla de tierra (40 g) y arena (160 g), previamente secada en estufa a 103 °C ± 2 durante 72 h y posteriormente tamizada.

Llenados los frascos, sobre el sustrato fueron apoyadas dos tablillas (*feeder strips*) de madera blanda (*Salix* spp) de 20 mm de lado y 4 mm de espesor. Posteriormente, cada frasco fue tapado con tapones de algodón y esterilizado en autoclave durante 30 minutos a 1,5 atm de presión.

Cumplida esta etapa se procedió a la inoculación, la cual fue realizada mediante trozos de micelio fúngico de 1 cm de diámetro colocados próximos a cada *feeder strips*.

Una vez que el micelio cubrió las tablillas (20 días), sobre cada una de ellas fue colocada una probeta de ensayo (dos por frasco), previa determinación de su peso inicial en equilibrio higroscópico (Pi) y esterilización en autoclave a ½ atm de presión durante 20 minutos.

El material estuvo expuesto a degradación durante 90 días a 27± 2 °C y 70 % de HR. Cumplido el tiempo de ensayo, las probetas fueron extraídas de los frascos y acondicionadas en laboratorio (30 días aproximadamente) bajo condiciones controladas de temperatura y humedad (27± 2 °C y 70 % de HR) hasta comprobar peso en equilibrio higroscópico (Pf). Con los Pi y Pf obtenidos fue calculada la media de pérdida de peso (Pp%) para cada condición de la madera vs cepa xilófaga empleando la fórmula 2:

$$Pp (\%) = \frac{Pi (g) - Pf (g)}{Pi (g)} \times 100 \quad (2)$$

Determinada la Pp (%), los datos obtenidos permitieron determinar la toxicidad de los preservantes sobre las cepas xilófagas mediante el cálculo de diferencias en el porcentaje medio de Pp entre el material preservado con cada una de las sustancias y el testigo, como así también evaluar la toxicidad diferencial entre cepas por producto.

Estos ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Protección Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP), Argentina.

### Diseño Experimental - Análisis Estadístico

Como diseño experimental se adoptó el completamente aleatorizado, con análisis factorial 3 por 2;, siendo 3 las condiciones de las probetas testigo y tratadas con los preservantes Colatan IPG-A e IPG-B y 2 las cepas xilófagas o tipos de pudrición: pudrición blanca Pb: *P. sanguineus* y pudrición castaña Pc: *G. sepiarium*.

La variable medida fue el peso de cada una de las probetas al inicio (Pi) y al final del ensayo (Pf). Con estos valores fue obtenido el porcentaje medio de pérdida de peso (Pp) para cada combinación: condición de la madera – tipo de pudrición.

Obtenidas las medias de Pp (%), éstas fueron expuestas al análisis de la varianza (ANOVA) y test de Tukey (diferencias significativas  $p < 0.05$ ) mediante el programa Infostat. Del mismo modo fueron analizados los valores medios de R obtenidos para cada sustancia preservante.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Penetración y Valores de Retención Obtenidos

En los listones de *Pinus elliotti* impregnados se observó la penetración total del Colatán IPG-A y del Colatán IPG-B. Los valores medios de retención (R) son presentados en el Cuadro N° 2.

Los resultados obtenidos fueron los esperados para esta madera constituida en su totalidad por albura impregnada mediante VP y considerando la importancia de los valores de estos parámetros al momento de analizar la calidad y posible efectividad del tratamiento utilizado.

En las maderas tratadas, el grado de protección contra el deterioro depende del preservante usado como también de su tipo de penetración, de su distribución y de su retención, aspectos estrechamente vinculados con el método de impregnación y con la naturaleza del tejido leñoso (Lebow, 2010).

Bernardis y Popoff (2009) obtuvieron retenciones de 9, 18 y 25 kg/m<sup>3</sup> para la madera de esta especie impregnada por el mismo método y con productos de composición química similar, con valores ligeramente distintos en duración y magnitud de la presión empleada.

### Análisis Anatómico

Con microscopio binocular (lupa) se observó la distribución uniforme del Colatán IPG-A y del IPG-B en el tejido leñoso. Con MEB se determinó que los biopreservantes fluyeron por las vías naturales de traslado de líquidos en las maderas de coníferas.

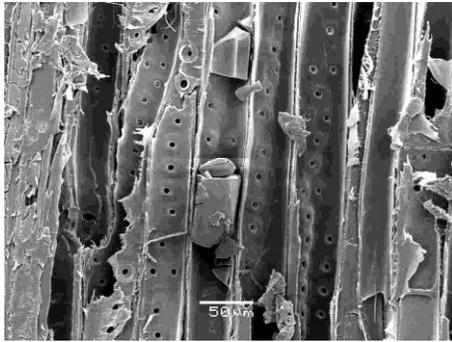
De acuerdo con esto, fueron observados depósitos de estas sustancias en el lumen de las células parenquimáticas de los radios, de las traqueidas y de las fibrotraqueidas, y sobre la pared celular, impregnando inclusive las punteaduras de las células. Asimismo, fueron visualizados depósitos en el interior de los canales resiníferos axiales los cuales no se hallaban obliterados por resinas.

La distribución de los preservantes (tipo y ubicación) fue la esperada para la albura de coníferas impregnada por VP, lo cual contribuiría a su resistencia a la colonización y degradación fúngica.

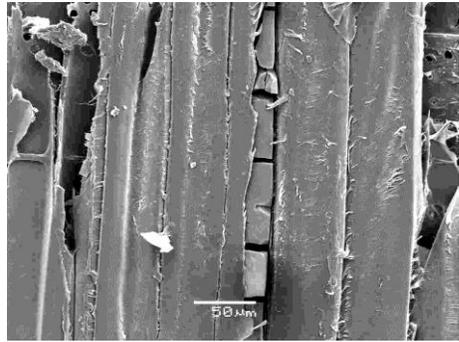
Como se mencionó, en las maderas tratadas el grado de protección contra el deterioro depende, entre otros, del tipo de distribución de la sustancia preservante, característica estrechamente vinculada con el método de impregnación y con la naturaleza del tejido leñoso (Lebow, 2010).

En las maderas, las vías de colonización fúngica las constituyen los diferentes tipos celulares del sistema axial (vasos, traqueidas y fibras) y su alineamiento, como así también la organización radial del parénquima.

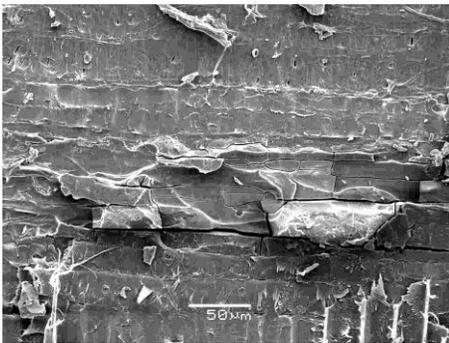
El movimiento a través de las punteaduras o la penetración directa de la pared celular mediante perforaciones producidas por los hongos (*bore holes*) son vías de colonización de los hongos en la madera (Schwarze, 2007), que según lo hallado en este trabajo fueron interrumpidas por la presencia de los biopreservantes.



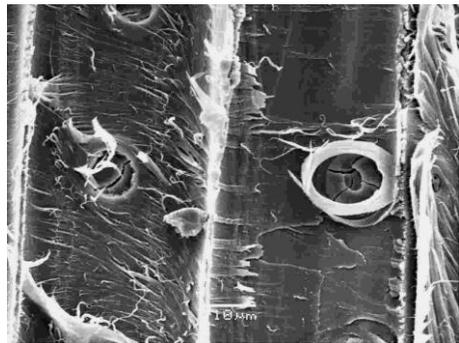
Depósitos de preservante en traqueidas



Depósitos de preservante en fibrotraqueidas



Depósitos de preservante en radios



Depósitos de preservante en punteaduras

**Figura N° 1**  
**DISTRIBUCIÓN DEL PRESERVANTE IPG-A EN EL LEÑO DE *Pinus elliotii***

## Biodegradación

Los porcentajes medios de Pp estimados para las probetas testigos y las tratadas con Colatán IPG-A y Colatán IPG-B, expuestas a *P. sanguineus* y *G. sepiarium*, se indican en el Cuadro N° 2.

De acuerdo a lo esperado, los porcentajes medios de Pp más altos fueron obtenidos para el material testigo (Cuadro N° 2). Bernardis y Popoff (2009) arribaron a resultados semejantes con las mismas especies xilófagas y sustancias preservantes similares.

Para esta condición de la madera, el porcentaje medio de Pp significativamente superior determinado en el material expuesto a la cepa de pudrición castaña coincide con estudios previos, en los que se pone en evidencia la alta susceptibilidad de las Gimnospermas a este tipo de pudrición (Winandy y Morrell, 1993; Morrell y Freitag, 1995; Juacida y Villanueva, 1996; Mora y Encinas, 2001; Curling *et al.*, 2002; Miller *et al.*, 2003; Pandey y Pitman, 2003; Schwarze *et al.*, 2003, Bernardis y Popoff, 2009).

Schwarze (2007) menciona la alta adaptación de estos hongos al leño relativamente simple de las Gimnospermas. La menor Pp (%) registrada con la cepa de pudrición blanca estaría

asociada al tipo de lignina presente en la madera ensayada. La lignina de las coníferas contiene unidades guayacil - propil caracterizadas por su resistencia a la degradación por este tipo de hongos xilófagos (Blanchette, 1995; Reid, 1995; Curling *et al.*, 2002; Martínez *et al.*, 2005; Schwarze, 2007).

**Cuadro N°2**  
**PORCENTAJES MEDIOS DE PÉRDIDA DE PESO OBTENIDOS**  
**POR CONDICIÓN DE LA MADERA VS CEPAS XILÓFAGAS**

Condición de la Madera / R (Kg/m <sup>3</sup> )	Pérdida de Peso (%)*	
	<i>P. sanguineus</i> Pb	<i>G. sepiarium</i> Pc
<b>Madera sin impregnar (Testigo)</b>	25,25 a A (7,46)	36,76 a B (12,28)
<b>IPG – B a</b> 19,40 Kg/m <sup>3</sup>	19,38 b A (11,79)	17,84 b A (13,80)
<b>Madera impregnada</b> <b>IPG – A a</b> 18,85 Kg/m <sup>3</sup>	12,57 c A (17,12)	4,99 c B (30,21)

\* Letras distintas denotan diferencias estadísticamente significativas al 95% de confianza en sentido vertical (minúsculas) y horizontal (mayúsculas). El coeficiente de variabilidad (CV%) se muestra entre paréntesis. R: retención. Pb: pudrición blanca. Pc: pudrición castaña.

En referencia a la madera tratada, su mayor resistencia a la degradación fúngica (Cuadro N° 2) puso de manifiesto la toxicidad de los biopreservantes IPG-A e IPG-B, resultados esperados teniendo en cuenta la P, distribución y los valores de R obtenidos, como así también la naturaleza y origen de estas sustancias.

Roth y Giménez de Bolzón (1997) relacionan la alta durabilidad natural de las especies de *Schinopsis* con la elevada proporción de taninos (próxima al 65%) que posee su duramen. Borlando (1953) y Miller *et al.* (2003) mencionan la alta resistencia a la degradación fúngica de diferentes especies de este género botánico.

Los preservantes resultaron más tóxicos para la cepa *G. sepiarium*, particularmente el denominado IPG-A (Cuadro N° 2). Bernadis y Popoff (2009) obtuvieron iguales resultados para el tratamiento *Pinus ellioti* vs *G. sepiarium* utilizando un producto de naturaleza similar (IPG-C) con valores de R de 9 y 25 kg/m<sup>3</sup>.

Velásquez *et al.* (2006) determinaron el mayor efecto inhibitorio de los extractivos del duramen de latifoliadas sobre *G. trabeum*, especie causante de pudrición castaña, en relación a sus efectos sobre *Trametes versicolor*, agente de pudrición blanca.

Hart y Hillis (1972) al estudiar el efecto de los elagitaninos, taninos hidrolizables, sobre hongos responsables de pudriciones blanca y castaña, determinaron una mayor inhibición del poder degradativo y del crecimiento sobre la cepa de pudrición castaña *Poria monticola*.

Existen antecedentes acerca de la fuerte inhibición del catecol, flavonoide que por polimerización origina los taninos condensados, sobre las xilanasas y  $\beta$ -1,4-endoglucanasas del hongo de pudrición castaña *Postia placenta* (Highley y Micales, 1990, tomado de Highley y Illman, 1991; Kumar y Gupta, 2006). Los hongos de pudrición blanca y de pudrición castaña poseen enzimas diferentes en cuanto a tamaño molecular y modo de acción, características determinantes

en la formación de complejos taninos – proteínas, forma bajo la cual los compuestos aromáticos ejercen sus efectos inhibitorios (Hart y Hillis, 1972; González Laredo, 1996).

Por su parte, los hongos de pudrición blanca poseen un potente sistema enzimático extracelular oxidativo conformado por peroxidases y lacasas, sistema ligninolítico, que les permite la degradación de numerosos compuestos orgánicos, entre ellos fenoles y polifenoles, y por esto considerados como potenciales agentes detoxificadores. En relación a esto, existen antecedentes acerca de la oxidación de taninos condensados, catequinas polifenólicas, catalizada por lacasas (Reid, 1995; Saparrat *et al.*, 2002; Lekounougou *et al.*, 2008; Rubilar *et al.*, 2008). Lo expuesto aquí permitiría explicar la resistencia diferencial a la degradación de la madera preservada en particular con IPG-A (Cuadro N° 2).

En referencia a *P. sanguineus*, su menor capacidad degradativa sobre la madera tratada en relación al material testigo (Cuadro N° 2), sería consecuencia del efecto de los biopreservantes sobre su desarrollo micelial y actividad enzimática (Hart y Hillis, 1972). Taylor *et al.* (1987), tomado de Kumar y Gupta (2006), mencionan la disminución del crecimiento de *T. versicolor* ante la presencia de catecol. Highley y Micales (1990), tomado de Kumar y Gupta (2006), comprobaron los efectos inhibitorios de compuestos aromáticos monoméricos sobre el crecimiento de dicha cepa xilófaga.

En oposición a lo hallado en la presente investigación, Bernardis y Popoff (2009) determinaron una mayor inhibición de la capacidad degradativa de *P. sanguineus* (Pp entre 3,5 y 8 %) sobre la misma madera tratada con biopreservantes semejantes (IPG-C e IPG-F), con valores de R entre 9 y 25 kg/m<sup>3</sup>. Estos resultados opuestos podrían deberse a diferencias en la concentración de los constituyentes de la formulación o bien a diferencias existentes en torno a la naturaleza química de las sales minerales utilizadas como refuerzo de los extractos tánicos, factores determinantes de condiciones microambientales diferentes y del impacto en los patrones de crecimiento y de producción enzimática fúngica (Lekounougou *et al.*, 2008, Rubilar *et al.*, 2008). Del mismo modo podrían explicarse las diferencias significativas en torno al porcentaje medio de Pp encontrado entre las maderas impregnadas con los biopreservantes IPG-A e IPG-B expuestas a *P. sanguineus* y *G. sepiarium* (Cuadro N° 2).

Según lo hallado en el presente estudio, las maderas tratadas con estos productos verían incrementada su vida útil en servicio, particularmente con Colatán IPG-A, en condiciones de uso interior, sin contacto con el suelo y expuestas a situaciones propicias para este tipo de deterioro (elevado contenido de humedad producto de defectos constructivos, ambientes confinados, poco ventilados, entre otros).

Posteriores investigaciones deberían conducirse a los efectos de analizar el comportamiento de estas soluciones en maderas expuestas a ciclos de intemperismo (estimación de la permanencia, capacidad de fijación de los preservantes en la madera), como también su eficacia (relación entre retención límite de permanencia y retención límite tóxica), con el objeto de estimar las potencialidades de estos biopreservantes en situaciones extremas de uso (madera al exterior y en contacto con el suelo).

No obstante los resultados obtenidos para los distintos tratamientos (condición de la madera vs cepa xilófaga), debe tenerse en cuenta que las pudriciones castañas son consideradas las más agresivas, ya que causan una rápida e intensa despolimerización de la holocelulosa desde los estadios iniciales del proceso de degradación, mientras que la lignina solo es parcialmente oxidada y responsable de la coloración castaña característica que adquiere la madera podrida.

Esta particularidad en cuanto a la degradación de los carbohidratos conduce a una abrupta disminución de la capacidad de resistencia de la madera (principalmente atribuida a la despolimerización de las hemicelulosas y no proporcional con la pérdida de peso) y, en consecuencia, a una notable reducción de su vida útil en servicio (Wilcox, 1978; Highley e Illman,

1991; Highley 1987a, tomado de Green III y Highley, 1997; Green III *et al.*, 1991; Winandy y Morrell, 1993; Schwarze *et al.*, 2000; Schwarze, 2007; Emerhi *et al.*, 2008; Murace *et al.*, 2010).

## CONCLUSIONES

En la madera de *Pinus elliotii* Engelm. y ante las condiciones descritas (leño conformado por albura, concentración de los preservantes, método de preservación, tipo de penetración, valor de retención, distribución homogénea de los productos en el tejido y su ubicación en las vías de colonización fúngica) los biopreservantes Colatan IPG-A y Colatan IPG-B elaborados en base a extractos tánicos del quebracho colorado (*Schinopsis balansae*) resultan tóxicos para *Pycnoporus sanguineus* y *Gloeophyllum sepiarium*, cepas responsables de pudrición blanca y castaña, respectivamente.

Ambos productos son más efectivos sobre la cepa de pudrición castaña con respecto al material testigo, en particular el IPG-A. Asimismo, para ambas cepas xilófagas, Colatan IPG-A produce el mayor efecto inhibitor de la degradación y con diferencias significativas entre tipo de pudrición.

De acuerdo con esto, los preservantes, y particularmente el IPG A, representan una alternativa natural de aumento de la resistencia a la degradación fúngica para las maderas con uso interior, sin contacto con el suelo y expuestas a situaciones propicias para este tipo de deterioro, principalmente el ocasionado por los hongos responsables de pudrición castaña.

## REFERENCIAS

- Ah Chee, A.; Farrell, R. L.; Stewart, A. y Hill, R. A., 1998.** Decay potential of basidiomycete fungi from *Pinus radiata*. Proc. 51 st. N. Z. Plant Protection Conf. pag. 235-240.
- Aloui, F.; Ayadi, N.; Charrier, F. y Charrier, B., 2004.** Durability of European Oak (*Quercus petraea* and *Quercus robur*) against white rot fungi (*Coriolus versicolor*): relations with phenol extractives. Holz Roh Werkst 62:286-290.
- Alves da Silva, C.; Monteiro, M. B. B.; Brazolin, S.; López, G. A. C.; Richter, A. y Braga, M. R., 2007.** Biodeterioration of Brazilwood *Caesalpinia echinata* Lam. (Leguminosa-Caesalpinioideae) by rot fungi and termites. International Biodeterioration & Biodegradation 60:285-292.
- Archer, K. y Lebow, S., 2006.** Wood preservation. In: Primary wood processing: Principles and practice. 2<sup>nd</sup> Edition. Springer, The Netherlands, pag.: 297-338.
- Barnett, J. R. y Jeronimidis, G., 2003.** Wood quality and its biological basis. Blackwell Publishing Ltd. CRC Press. 240 pp.
- Bernardis, A. C. y Popoff, O., 2009.** Durability of *Pinus elliotii* wood impregnated with Quebracho Colorado (*Schinopsis balansae*) bio-protectives extracts and CCA. Maderas, Ciencia y Tecnología, 11(2): 107-115.
- Blanchette, R., 1995.** Degradation of the lignocellulose complex in wood. Can. J. Bot. 73(Suppl.1): 999-1010.
- Blanchette, R. A. y Biggs, A. R., 1992.** Defense mechanisms of woody plants against fungi. Springer Series in Wood Science. Editor, T. E. Timell. Cap. 8: Biochemistry of Gymnosperm xylem responses to fungal invasion 147-164 by T. Yamada.
- Bobadilla, E. A.; Pereyra, O.; Silva, F. y Stehr, A. M., 2005.** Durabilidad natural de la madera de dos especies aptas para la industria de la construcción. Floresta 35 (3): 419-428.
- Borlando, I., 1953.** Determinación de la durabilidad natural de algunas maderas argentinas. Ministerio de Obras Públicas. Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones Tecnológicas. Serie II, Número 51. pp: 5-23.

- Curling, S. F.; Clausen, C. A. y Winandy, J. E., 2002.** Experimental method to quantify progressive stages of decay of wood by basidiomycete fungi. *International Biodeterioration & Biodegradation* 49: 13-19.
- Da Silva Oliveira, J. T.; Hellmeister, J. C. y Filho, M. T., 2000.** Eucalypt wood characterization for construction in Brazil – Natural durability. I Congreso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo de Productos Forestales.
- Díaz, B.; Murace, M.; Perí, P.; Keil, G; Luna, M. L. y Otaño, M., 2003.** Natural and preservative treated durability of *Populus nigra cv Italica* timber grown in Santa Cruz Province, Argentina. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 52 (2003): 43 - 47.
- Emerhi, E. A.; Ekeke, B. A. y Oyebade, B. A., 2008.** Biodegrading effects of some rot fungi on *Pinus caribaea* wood. *African Journal of Biotechnology*. Vol 7(10): 1512-1515.
- Green III, F. y Highley, T. L., 1997.** Mechanism of Brown-rot decay: paradigm or paradox. *International Biodeterioration & Biodegradation*. Vol. 39. Nº2-3: 113-124.
- Green III, F.; Larsen, M. J.; Winandy, J. E. y Highley, T. L., 1991.** Role of oxalic acid in incipient brown – rot decay. *Material und Organismen* 26. Bd. Heft 3. Verlag Duncker & Humblot. 1000 Berlin 41. Pág. 191–213.
- González Laredo, R. F., 1996.** Preservación de madera con taninos. *Madera y Bosques* 2(2):67-73.
- Hart, J. H. y Hillis, E. E., 1972.** Inhibition of wood-rotting fungi by ellagitannins in the heartwood of *Quercus alba*. *Phytopathology* 62: 620-626.
- Highley, T. L. y Illman, B. L., 1991.** Progress in understanding how brown-rot fungi degrade cellulose. *Biodeterioration Abstracts*. 5(3): 231-244.
- Hillis, E. E., 1968.** Chemical aspects of heartwood formation. *Wood Science & Technology* 2:241-259.
- IRAM 9518, 1962.** Toxicidad, Permanencia y Eficacia de Preservadores de Madera. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 12 pp.
- IRAM 9532, 1963.** Método de determinación de humedad. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 14 pp.
- IRAM 9600, 1998.** Preservación de maderas. Maderas preservadas mediante procesos con presión en autoclave. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 23 pp.
- Juacida, R. y Villanueva, J., 1996.** Durabilidad natural de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. *Bosque* 17(1): 83-90.
- Kumar, D. y Gupta, R. K., 2006.** Biocontrol of wood-rotting fungi. *Indian Journal of Biotechnology*. Vol. 5, January, 20-25.
- Lebow, S. T., 2010.** Wood preservation *In: Wood handbook - Wood as an engineering material*: U.S. Department of Agriculture Forest Service. Forest Products Laboratory. General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, Wisconsin, pag.: 15-1 a 15-28.
- Lekounougou, S.; Mounquengui, S.; Dumarcay, S.; Rose, C.; Courty, P. E.; Garbaye, J.; Gerardin, P.; Jacquot, J. P. y Gelhaye, E., 2008.** Initial stages of *Fagus sylvatica* wood colonization by the white-rot basidiomycete *Trametes versicolor*: Enzymatic characterization. *International Biodeterioration & Biodegradation* 61: 287-293.
- Martínez, A. T.; Speranza, M.; Ruiz-Dueñas, F. J.; Ferreira, P.; Camarero, S.; Guillén, F.; Martínez, M. J.; Gutiérrez, A. y del Río, J. C., 2005.** Biodegradation of lignocelluloses: microbiol, chemicals, and enzimática aspects of the fungal attack of lignin. *International Microbiology* 8: 195-204.
- Miller, R. B.; Wiedenhoft, A. C.; Williams, R. S.; Stockman, W. Y Green III, F., 2003.** Characteristics of ten tropical hardwoods from certified forests in Bolivia. Part II natural durability to decay fungi. *Wood and Fiber Science*. 35(3): 429-433.
- Mora, N. y Encinas, O., 2001.** Evaluación de la durabilidad natural e inducida de *Pterocarpus acapulcensis*, *Tabebuia serratifolia* y *Pinus caribaea* en condiciones de laboratorio. *Rev. Forest. Venez.* 45(1): 23-31.

**Morrell, J. J. y Freitag, C. M., 1995.** Durability of Dahurian Larch. Forest products Journal. Vol. 45(1): 77-78.

**Murace, M.; Spavento, E.; Keil, G. D. y Saparrat, M., 2010.** Pudrición castaña: Efectos sobre las propiedades de resistencia mecánica de la madera. Quebracho – Revista de Ciencias Forestales 18(1,2): 37-46.

**Onuorah, E. O., 2000.** The wood preservative potentials of heartwood extracts of *Milicia excelsa* and *Erythrophleum suaveolens*. Bioresource Technology 75: 171-173.

**Pandey, K. K. y Pitman, A. J., 2003.** FTIR studies of the changes in wood chemistry following decay by brown-rot and white-rot fungi. International Biodeterioration & Biodegradation 52: 151-160.

**Reid, I. D., 1995.** Biodegradation of lignin. Ca. J. Bot. 73 (Suppl. 1): S1011-S1018.

**Rodríguez Barreal, J. A., 1998.** Patología de la madera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid, España. 349 pp.

**Roth, I. y Giménez de Bolsón, A. M., 1997.** Argentine Chaco forests: Dendrology, tree structure and economic use. 1. The semi-arid Chaco. Encyclopedia of Plant Anatomy, Berlin, Stuttgart, Borntraeger. 184 pp.

**Rubilar, O.; Diez, M. C. y Gianfreda, L., 2008.** Transformation of chlorinated phenolic compound by white rot fungi. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 38: 227-268.

**Saparrat, M. C. N.; Martínez, M. J.; Cabello, M. N. y Arambarri, A. M., 2002.** Screening for ligninolytic enzymes in autochthonous fungal strain from Argentine isolated from different substrata. Rev. Iberoam. Micol. 19: 181-185.

**Schmidt, O., 2006.** Wood and tree decay. Biology, Damage, Protection and Use. Springer- Verlag Berlin Heidelberg. 329 pp.

**Schwarze, F. W. M. R., 2007.** Wood decay under microscope. Fungal Biology Reviews 21: 133-170.

**Schwarze, F. W. M. R.; Engels, J. y Mattheck, C., 2000.** Fungal strategies of wood decay in trees. Springer Verlag, Berlin. 184 pp.

**Schwarze, F. W. M. R.; Fink, S. y Deflorio, G., 2003.** Resistance of parenchyma cells in wood to degradation by brown rot fungi. Mycological Progress 2(4): 267-274.

**Thévenon, M. F.; Tondi, G. y Pizzi, A., 2010.** Environmentally friendly wood preservative system based on polymerized tannin resin-boric acid for outdoor applications. Maderas, Ciencia y Tecnología 12(3): 253-257.

**Velásquez, J.; Toro, M. E.; Rojas, L. y Lencinas, O., 2006.** Actividad antifúngica *in vitro* de los extractivos naturales de especies latifoliadas de la Guayana Venezolana. Madera y Bosques 12 (1): 51-61.

**Wilcox, W., 1978.** Review of literature on the effects of early stages of decay on wood strength. Wood and Fiber, 9 (4): 252-257.

**Winandy, J. y Morrell, J. J., 1993.** Relationship between incipient decay, strength, and chemical composition of Douglas – Fir heartwood. Wood and Fiber Science, 25 (3): 278-288.

**Zabel, R. A. y Morrell, J. J., 1992.** Wood microbiology. Decay and its prevention. Academic Press Inc. 476 pp.



# EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS DE EXPORTACIÓN DE CELULOSA DE PINO RADIATA EN CHILE (1990 – 2008)

Ramos Ramírez, Christian<sup>3</sup>, Ponce-Donoso, Mauricio<sup>1</sup>

## RESUMEN

El artículo presenta el análisis de series de tiempo de los precios de exportación de celulosa blanqueada de pino radiata chilena en el periodo 1990 – 2008. Se usó la descomposición de serie de tiempo en las componentes de tendencia, cíclico y estacional. La tendencia se determinó ajustando una función matemática, el componente cíclico a través de tasas de variación y la estacional por el método de las diferencias por promedio móvil.

Se determinó el modelo que establece la asociación que presentan estos componentes. El análisis mostró que los componentes presentan una asociación aditiva del tipo  $y_t = CT_t + C_t + E_t + I_t$ ; las funciones polinómicas de grado 3 y 5 lograron el mejor ajuste a la tendencia; el índice estacional de precios varía influenciado por factores asociados a la industria en el hemisferio norte.

Finalmente, el componente cíclico depende principalmente del estado de la actividad económica presente en los países desarrollados.

Palabras clave: Series de tiempo, *market pulp*, pasta de madera.

## SUMMARY

The article presents the analysis of series of time of export prices of Chilean Radiata Pine pulp for the period 1990 - 2008. Decomposition of series of time in components of trend, cyclical and seasonal are used. The trend was determined by adjusting a mathematical function, the cycle component by determining rates of variation and the seasonal by the method of differences for mobile average.

It was possible to determine the model which established the association that these components present. The analysis showed that the components present an association additive of the type  $y_t = CT_t + C_t + E_t + I_t$ ; the polynomial functions of degree 3 and 5 achieved the best adjustment to the trend; the seasonal index of prices changes influenced by factors of the north hemisphere.

Finally, the cyclical component depends principally on the condition of the economic present activity in the developed countries.

Key words: Time series, market pulp, wood pulp.

---

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Talca. Avda. Lircay s/n Talca. Casilla 747. Talca, Chile. mponce@utalca.cl



## INTRODUCCIÓN

El crecimiento y desarrollo del sector forestal chileno en las últimas décadas lo ha posicionado como uno de los más importantes en la economía nacional. Por su parte, la industria de la celulosa posee una participación cercana al 48% de las exportaciones (INFOR, 2009) debido a las inversiones en infraestructura y tecnología, que han aprovechado las ventajas competitivas que ofrece el país.

El producto con mayor participación en las exportaciones forestales es la celulosa blanqueada de pino radiata, que alcanzó en 2008 un monto exportado de US\$ 1.250,8 millones FOB, representando el 22,9% de las exportaciones del sector. Su relevancia e impacto sectorial impelan conocer los patrones de comportamiento del precio, ayudando a la planificación, toma de decisiones y definición de estrategias, en temas relacionados con la producción, aumento de la capacidad instalada, la diversificación de los mercados de destino, por señalar algunos.

Durante 2008 la producción mundial de celulosa se estima que llegó a los 200 millones de toneladas, siendo Norteamérica la principal región productora con un 37%, seguido de Europa y Asia, cada una con un 25% de aporte. De la totalidad de la producción mundial, 145 millones de toneladas están integradas a la producción de papel, es decir no salen al mercado, participando de la integración vertical que poseen las industrias de celulosa y papel (Cuadro N°1).

**Cuadro N° 1**  
**PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CELULOSA 2008**

Región	Integrada	Market Pulp	Celulosa
	(Millones de toneladas)		
Asia	45	5	50
Europa	34	16	50
Norteamérica	54	19	73
Latinoamérica	7	13	20
África y Oceanía	5	1	6
<b>Total</b>	<b>145</b>	<b>54</b>	<b>199</b>

(Fuente: Mullins, 2009. citando a RISI, 2009)

El denominado *Market Pulp* (Cuadro N° 2) es liderado por productores de Norteamérica y Europa, y en tercer lugar se ubica Latinoamérica, que aporta un 25%, debido a la participación de Brasil y Chile, los cuales se encuentran entre los cinco primeros países con mayor capacidad de producción de este mercado, ocupando el primer y cuarto lugar, respectivamente, en el *ranking* de productores elaborado en 2009 (Mullins, 2009. citando a H&W, 2009).

**Cuadro N° 2**  
**PRODUCCIÓN MUNDIAL EN EL MARKET PULP 2008**

Región	BHKP <sup>4</sup>	BSKP <sup>5</sup>	H. YIELD <sup>6</sup>	UKP <sup>7</sup>	Otras	Total
	(Millones de toneladas)					
Asia	4,4	0,4	0,2	0,3	0,0	<b>5,3</b>
Europa	5,2	7,0	1,7	0,7	1,2	<b>15,8</b>
Norteamérica	3,4	12,4	1,9	0,5	0,0	<b>18,2</b>
Latinoamérica	10,6	2,1	0,1	0,4	0,1	<b>13,3</b>
África y Oceanía	0,3	0,4	0,3	0,4	0,0	<b>1,4</b>
<b>Total</b>	<b>23,9</b>	<b>22,3</b>	<b>4,2</b>	<b>2,3</b>	<b>1,3</b>	<b>54,0</b>

(Fuente: Mullins, 2009. citando a RISI, 2009)

<sup>4</sup> Bleached Softwood Kraft Pulp

<sup>5</sup> Bleached Hardwood Kraft Pulp

<sup>6</sup> Celulosa de alta productividad, obtenida por procesos quicio-termo-mecánicos

<sup>7</sup> Unbleached Kraft Pulp

En el año 2008 las transacciones de celulosa BSKP alcanzaron 21,28 millones de toneladas. Su comercialización está dominada por Estados Unidos, Canadá y Suecia. Chile, en el mismo año, comercializó 1,84 millones de toneladas, abarcando el 8,6% del mercado, ocupando el 4º lugar tras los países mencionados precedentemente (Mullins, 2009. citando a *PPPC Economics*, 2008).

**Cuadro N° 3**  
**VENTAS DE CELULOSA BSKP POR DESTINO 2008**

Exportador	Importador						Total
	Europa	China	Asia	Canadá/EEUU	L. América	Otros	
	(Millones de toneladas)						
Canadá/EEUU	2,072	1,736	1,842	4,842	0,747	0,229	11,468
Escandinavos	3,734	0,375	0,436	0,019	0,014	0,060	4,638
Chile	0,570	0,685	0,411	0,001	0,158	0,010	1,835
Otros	1,420	0,743	0,718	0,001	0,258	0,200	3,340
<b>Total</b>	<b>7,796</b>	<b>3,539</b>	<b>3,407</b>	<b>4,863</b>	<b>1,177</b>	<b>0,499</b>	<b>21,281</b>

(Fuente: Mullins, 2009. citando a *PPPC Economics*, 2008).

Las exportaciones chilenas en el año 2008 llegaron a los US\$ 5.452,5 millones FOB, representando un crecimiento del 10% respecto del año anterior (INFOR, 2009). Desde el año 1990 hasta 2008, se logró un crecimiento del 637,5%, siendo el principal producto de exportación la celulosa blanqueada de pino radiata, cuya tasa promedio de crecimiento desde el año 1992 superó el 20%.

En el año 1990, inicio del periodo en estudio, las exportaciones de este tipo de celulosa llegaron a los 313 millones de toneladas, alrededor del 65% del total, siendo Europa la principal región de destino, mientras que en Asia llegaron al 19% (INFOR-CONAF, 1991). En el año 2000 las exportaciones aumentaron un 470%, llegando a 1,2 millones de toneladas, cuyo principal destino continuó siendo la región europea, seguido de Asia, representando un 51% y 35%, respectivamente (CONAF-INFOR, 2001). En 2008 la principal región importadora fue Asia con el 57% del total, siendo China el país con mayor participación con 648 mil toneladas (34,3%) (INFOR, 2009).

Para el estudio de precios se recurrió como herramienta metodológica a las series de tiempo, cuyo uso se describe en varios estudios. Por ejemplo, en Rojas y Ponce (2002) se aplicó a precios del maíz en el mercado nacional e internacional, obteniéndose una tendencia polinomial. Barriga (2003) estudió los cambios de la demanda de manzana chilena, aplicando un modelo multiplicativo. Verón *et al.* (2006) aplicaron series de tiempo del caudal del río El Tala, Catamarca, para el periodo 1937 – 1960, utilizando el Modelo Autoregresivo Integrado de Media Móvil (ARIMA), con el cual se realizaron predicciones para periodos de tiempo anteriores y posteriores de caudal.

Por su parte en Moreira *et al.* (2006) se estudió la serie de precios histórica del carbón vegetal proveniente de plantaciones y bosque nativo en Brasil, haciendo uso del modelo SARIMA (*Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average*), que permitió obtener mejores pronósticos y determinó las diferencias en la tendencia de ambas series.

Finalmente, en Silva *et al.* (2008) se realizó un estudio sobre precios mensuales del látex natural en Brasil utilizando la metodología *Box-Jenkins*, obteniendo como resultado para el país el modelo ARIMA (2, 1, 1).

Los estudios anteriormente citados, dan cuenta que el uso de series de tiempo aplicado en precios de productos silvoagrícolas es habitual, lo cual ayuda a identificar las diferentes componentes de estas series.

## OBJETIVOS

El artículo tiene por objetivo analizar la evolución que han experimentado los precios de exportación de celulosa blanqueada de pino radiata chilena, a través del método de descomposición de series de tiempo, considerando el periodo 1990 – 2008, determinando los componentes de tendencia, cíclico y estacional, considerando los factores que han influido en las variaciones del precio.

## MATERIAL Y MÉTODO

Una serie de tiempo corresponde a un conjunto de valores observados en un periodo determinado, los cuales están secuencialmente ordenados (Kazmier y Díaz, 1998). Para su análisis es necesario identificar y aislar aquellos factores relacionados con el tiempo que influyen en los valores observados, los cuales reciben el nombre de componentes.

En el enfoque clásico, la descomposición de la serie de tiempo, desde una perspectiva teórica y con el objeto de comprender mejor la evolución de un determinado fenómeno se considera que el comportamiento de una variable es el resultado de la integración de cuatro componentes fundamentales (Rodríguez, 2000); tendencia (T) que corresponde a la conducta de largo plazo, que refleja la dirección general de la serie (Webster, 2000); ciclo (C) que se determina por una serie de movimientos ascendentes y descendentes recurrentes respecto de la tendencia con una duración de varios años (Kazmier y Díaz, 1998), que representan por lo general el comportamiento de las variables económicas; estacionalidad (E) que según Rodríguez (2000) corresponde a los movimientos regulares de la serie cuya periodicidad es menor al año; e irregularidad (I) que comprende las variaciones erráticas respecto de la tendencia a las que no se pueden atribuir influencias cíclicas o estacionales y que, según Webster (2000), su desempeño se debe a factores de corto plazo, imprevisibles y no recurrentes que afectan a la serie de tiempo.

Un modelo de serie de tiempo explicaría la manera en que los componentes se relacionan entre sí, respecto al valor real de la variable. De esta forma la variable  $Y_t$  en el periodo  $t$ , viene dada por la siguiente expresión, donde T es la componente de tendencia, C es el componente cíclico, E la estacional e I la irregular,  $Y_t = f(Ft, Ct, Et, It)$

La función puede adquirir distintas formas, dependiendo si el modelo es más complejo o no. Rodríguez (2000) recomienda utilizar modelos sencillos para facilitar el tratamiento de las series. Los modelos pueden ser del siguiente tipo:

a) Aditivo:  $Y_t = (Tt + Ct + Et + It)$

b) Multiplicativo:  $Y_t = (Tt \cdot Ct \cdot Et \cdot It)$

c) Mixto:  $Y_t = (Tt \cdot Ct \cdot Et) + It$

En este estudio se utilizó la base de datos correspondiente a la serie de tiempo de precios promedio mensual de celulosa blanqueada de pino radiata, expresados en US\$ FOB/t, abarcando el periodo comprendido entre enero de 1990 a diciembre de 2008. La fuente de precios fue obtenida de los boletines estadísticos publicados por el Instituto Forestal de Chile (Anexo N° 1).

Se aplicó tres métodos con el fin de obtener resultados y aproximaciones confiables. El primero fue la representación gráfica de la serie, que permite observar las oscilaciones y movimientos de la variable. El segundo, correspondió al análisis gráfico de la desviación estándar – media, estadígrafo calculado para cada año. El tercero fue la aplicación del método de las diferencias y cocientes estacionales, que consiste en determinar la diferencia entre datos de años consecutivos correspondientes al mismo mes. Se calculó además el cociente estacional de la serie, que permite estimar la desviación estándar y la media de las diferencias y de los cocientes, obteniendo así el cociente de variación, lo que permite orientar la decisión sobre el modelo adecuado.

Para la determinación de la Tendencia (T), se aminoró el efecto de la componente estacional y la irregular, para lo cual se usó los datos mensuales de la media móvil de orden cinco, pues de esta manera se logra que una menor cantidad de observaciones no sea considerada. Se procedió a modelar la tendencia a través de una gráfica, ajustando distintas funciones, pero dado que no se obtuvo resultados satisfactorios, se dividió el periodo de observación y se analizó cada parte por separado, asumiendo que ello otorga estabilidad (Rodríguez, 2000). La serie original se dividió en cuatro periodos: 1990 – 1995, 1996 – 2000, 2001 – 2004 y 2005 – 2008, y el criterio de subdivisión fue precaver que se mantuvieran los ciclos de precios.

Se aplicó el método de mínimos cuadrados para ajustar la función, analizando cada periodo por separado. Para determinar la bondad del ajuste se ocupó el coeficiente de determinación  $R^2$ . Las variables correspondientes fueron:

- a) Y: Precio de exportación de celulosa blanqueada de pino radiata expresada en US\$ FOB/t.
- b) X: Mes del periodo en estudio.

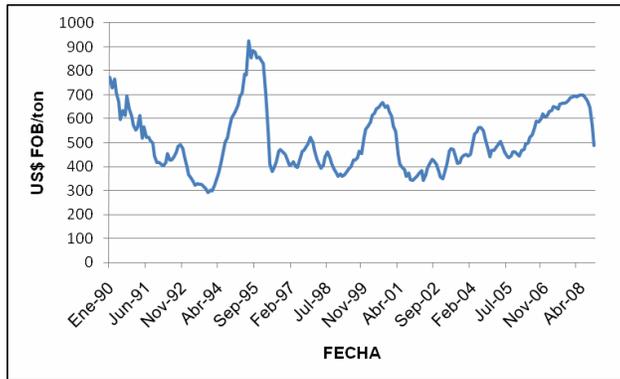
Para la determinación del Componente Cíclico (C), se usó la serie de precios mensuales desestacionalizada, aplicándose para ello el método de diferencias por promedio móvil, cuyo componente irregular fue atenuado aplicando un promedio móvil de orden 3. Se obtuvo para la nueva serie resultante las expansiones y recesiones del precio, correspondiendo a la denominada señal cíclica. A fin de dar mejor soporte a la interpretación de la serie se revisó bibliografía, especialmente boletines y bases de datos relacionadas con el sector forestal, identificando factores intervinientes en los ciclos de precios. Para la determinación de la Componente Estacional (E), se usó los datos mensuales, los cuales fueron descompuestos para obtener el factor estacional, la serie corregida estacionalmente, el componente irregular y la serie tendencia – ciclo, para lo cual se aplicó las diferencias por promedio móvil.

## RESULTADOS

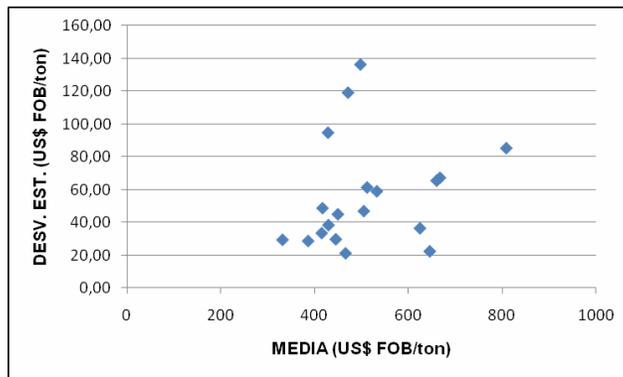
### Modelo de Serie de Tiempo

En la Figura N° 1 se puede observar las oscilaciones de amplitud regular durante el periodo de estudio en torno a una tendencia, la que presenta una relación aditiva entre ellos.

De la Figura N° 2 se identifica una distribución aleatoria del precio, lo que sugiere que la tendencia representada por la media y la componente estacional, reflejada en la desviación estándar, muestran independencia entre sí, con lo cual indica una asociación aditiva de sus componentes, que se expresa como:  $Y_t = (Tt + Ct + Et + It)$



**Figura N°1**  
**EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS DE EXPORTACIÓN**



**Figura N° 2**  
**RELACIÓN DESVIACIÓN ESTÁNDAR – MEDIA DE LOS PRECIOS DE EXPORTACIÓN**

En la determinación de las diferencias y cocientes estacionales, se realizó un retardo de las series, con la intención de comparar entre datos de años consecutivos. De este modo se obtuvo la media y la desviación estándar con el propósito de obtener el coeficiente de variación (CV) (Cuadro N° 4).

**Cuadro N° 4**  
**ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LAS DIFERENCIAS Y COCIENTES ESTACIONALES**

	N	Media	Desviación Estándar	CV
Diferencia (d)	216	- 0,39	175,7817	- 446,1675
Cociente (c)	216	1,06	0,3737	0,3527
N válido	216			

Para definir el modelo que mejor se ajustó se aplicó la siguiente regla de decisión:

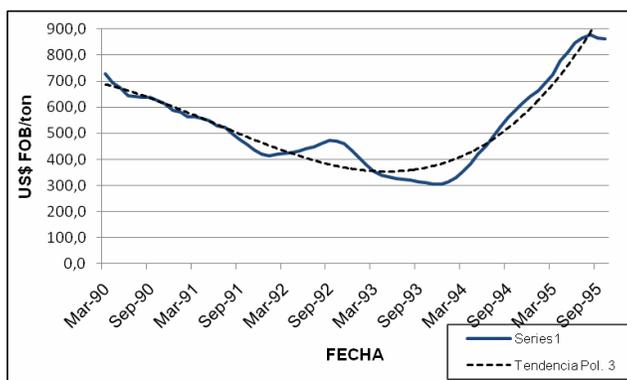
- a) Si  $CV(c) > CV(d)$ , entonces será un Modelo Aditivo
- b) Si  $CV(c) < CV(d)$ , entonces será un Modelo Multiplicativo

El modelo que describe de mejor forma la relación entre los componentes de la serie de tiempo es el aditivo, el que será utilizado durante el desarrollo del análisis de descomposición.

En relación al análisis de tendencia, en sus cuatro subperíodos definidos, se muestra la función matemática que mejor los describe.

a) Para el periodo 1990 a 1995: Los precios del producto presentan una tendencia decreciente hasta el año 1993, que llegó a un promedio de US\$ 331,3 FOB/t, luego del cual el precio crece hasta 1995, con un máximo en junio de US\$ 924,4 FOB/t (Figura N° 3). La caída de los precios ocurre después de un periodo de auge en el mercado mundial de la pulpa y el papel entre los años 1986 a 1989 (CORFO – INFOR, 1991).

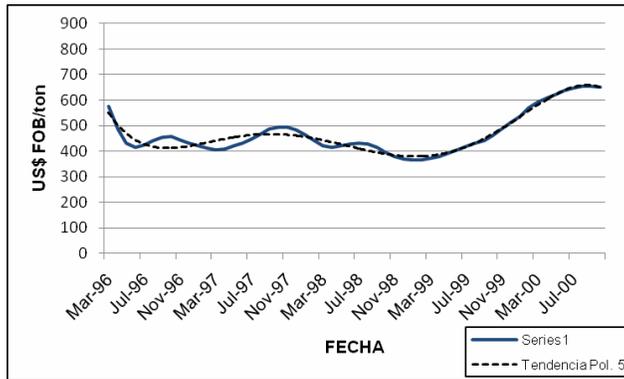
Al realizar el ajuste de la tendencia, la mejor se comportó fue la polinómica de grado 3, que se define como:  $Y = 0,0075x^3 - 0,3768x^2 - 5,5455x + 699,91$ ; siendo su bondad de ajuste de  $R^2 = 0,9241$ .



**Figura N° 3**  
**EVOLUCIÓN Y TENDENCIA DE LOS PRECIOS DE EXPORTACIÓN, PERIODO 1990 – 1995**

b) Para el periodo 1996 – 2000: Los precios experimentan una importante caída al inicio de la serie, llegando al 40% en promedio en comparación con el año anterior. Sin embargo, desde abril de 1996, los precios se estabilizan entre los 400 y 500 US\$ FOB/t, situación que se mantiene hasta noviembre de 1999. Un cambio de tendencia se aprecia desde diciembre de este año y el precio supera los US\$ 500 FOB/t, llegando a los US\$ 667 en septiembre de 2000 (Figura N° 4).

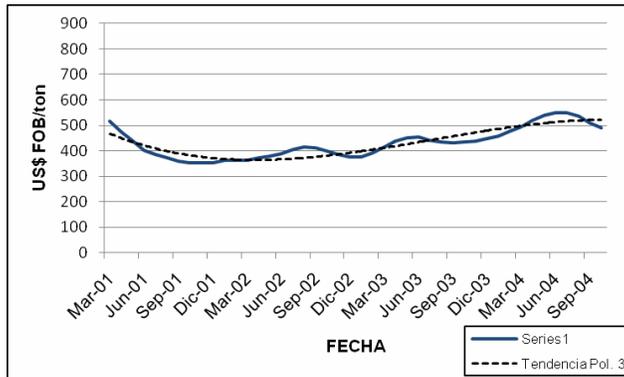
Al realizar el ajuste de la tendencia, la mejor que se comportó fue la polinómica de grado 5, que se define como:  $Y = 0,00005x^5 + 0,0072x^4 - 0,3848x^3 - 8,8273x^2 - 83,52x + 685,17$ ; siendo su bondad de ajuste de  $R^2 = 0,9457$ .



**Figura N° 4**  
**EVOLUCIÓN Y TENDENCIA DE LOS PRECIOS DE EXPORTACIÓN, PERIODO 1996 – 2000**

c) Para el periodo 2001 – 2004: El ascenso de los precios observado durante el segundo semestre del año 2000 termina al comenzar el 2001, llegando a noviembre de ese año a US\$ 342 FOB/t (Figura N° 5). Luego, el precio pasa por variaciones de aumento y descenso, aunque marcan una tendencia ascendente, con un precio promedio de US\$ 505 FOB/t en el año 2004.

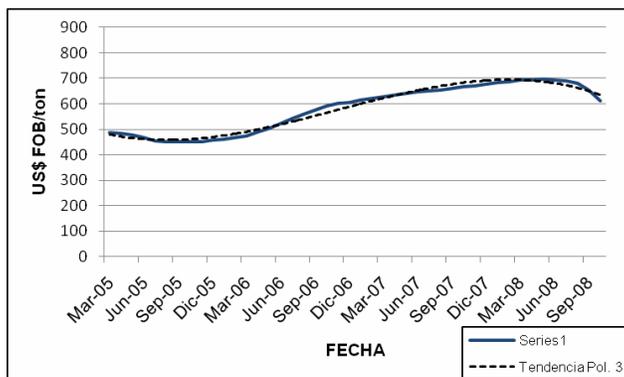
Al realizar el ajuste de la tendencia, la mejor se que comportó fue la polinómica de grado 3, que se define como:  $Y = -0,0107x^3 + 0,9682x^2 - 21,566x + 506,11$ ; siendo su bondad de ajuste de  $R^2 = 0,831$ .



**Figura N° 5**  
**EVOLUCIÓN Y TENDENCIA DE LOS PRECIOS DE EXPORTACIÓN, PERIODO 2001 – 2004**

d) Para el periodo correspondiente de 2005 a 2008: Continúa la tendencia decreciente de los precios desde junio de 2004. Solo a partir de febrero de 2006 se observa un repunte de ellos, que alcanzan valores entre los US\$ 600 y US\$ 700 FOB/t, manteniéndose durante el periodo, aunque a fines del último año se observa una fuerte disminución del precio en diciembre de 2008 que llega a US\$ 488 FOB/t, marcando un nuevo periodo de descenso de precios del *commodity* (Figura N° 6).

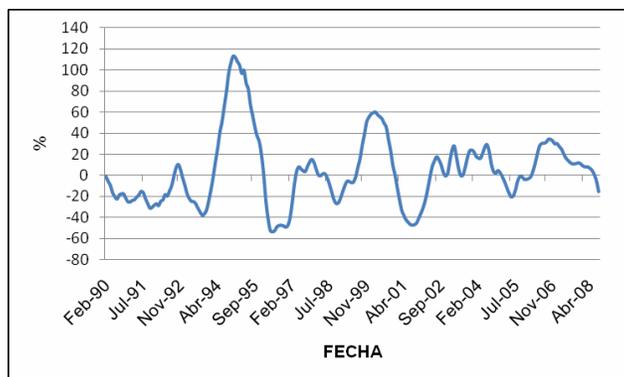
Al realizar el ajuste de la tendencia, la mejor que se comportó fue la polinómica de grado 3, que se define como:  $Y = -0,0174x^3 + 1,1469x^2 - 13,43x + 501,83$ ; siendo su bondad de ajuste de  $R^2 = 0,9784$ .



**Figura N° 6**  
EVOLUCIÓN Y TENDENCIA DE LOS PRECIOS DE EXPORTACIÓN, PERIODO 2005 - 2008

### Componente Ciclo

El inicio del periodo de estudio está marcado por el término de un periodo de auge del mercado mundial de celulosa ocurrido entre 1986 y 1989 (CORFO – INFOR, 1991). Durante 1990 se observó una disminución de los precios en torno al 20%, si se comparan con el año anterior, situación que se agudiza a fines de 1991 e inicios de 1992, llegando la caída al 30% (Figura N° 7). Durante el periodo, a nivel mundial ocurre una desaceleración económica, marcada principalmente por el desempeño estadounidense, observándose tendencias hacia una recesión, que tuvo como consecuencias la reducción de las utilidades y un exceso de la oferta, que se agudizó por la ampliación de la oferta y nuevas capacidades instaladas en la industria de la celulosa (CORFO – INFOR, 1993).



**Figura N° 7**  
CICLO DE PRECIOS DE EXPORTACIÓN DEL PERIODO

Durante el primer semestre de 1993 y frente al escenario descrito, numerosas empresas de Estados Unidos, Canadá, Brasil, Noruega, entre otros, optaron por reducir la producción; también se sumó el cierre definitivo y la realización de huelgas en importantes plantas de Canadá y Estados Unidos, que provocaron el aumento momentáneo de los precios a fines de 1992 (CORFO – INFOR, 1993). El bajo nivel de precios pospuso la puesta en marcha de cierta capacidad instalada internacional, propiciando un nuevo equilibrio de la oferta y demanda, factor importante en el alza de los precios observada durante 1994, llegando a un aumento del 113% (INFOR – CORFO, 1994).

Entre 1994 - 1995 se produce un aumento de la demanda debido al mejoramiento de la economía mundial, que en conjunto con una disminución de la oferta, hicieron que los precios crecieran (CONAF – INFOR, 1995). Las razones fueron un déficit en el oferta de madera en la costa oeste de Estados Unidos; la caída de los precios en años anteriores que afectó a productores nórdicos (que representan el 17% del *pulp market*); el colapso de la ex Unión Soviética, uno de los principales productores de pulpa de abedul; y la detención de las operaciones en forma temporal o permanente de productores mientras los precios cayeron por debajo de los costos de producción.

El precio del producto estudiado presentó en 1996 una importante baja, cercana al 50%, manteniéndose el precio en ese orden hasta inicios de 1997. Entre estos años se produce un aumento desmedido de la capacidad mundial de pulpa y por ende de la oferta, coincidiendo además con un aumento significativo de los inventarios europeos de UTIPULP<sup>8</sup>, que ascendieron de 35 a 65 días de oferta, manteniéndose en niveles altos durante todo el año.

En 1997 se manifiesta la denominada crisis asiática, países que tienen fuertes lazos con Chile, quien exportaba un 43% de la celulosa a China, Corea del Sur, Japón y Taiwán. En este escenario se observó ciclos de precios altos y bajos, con fluctuaciones entre 20% y 26% entre mayo de 1997 y diciembre de 1998, situación que es producida por la sobre oferta presente a nivel mundial y los altos volúmenes de inventario (ODEPA – INFOR, 1998).

Sin embargo, según CORFO – ODEPA – INFOR (1997) la inestabilidad en los mercados de la pulpa es producto de varios factores, entre los que destacan la inexistente información de calidad de los inventarios, importante en la volatilidad de precios; la sobre capacidad e inversiones sin adecuados análisis de mercados; una cultura sectorial centrada en el precio, que observa los *stocks* y no la demanda; y la fragmentación de la propiedad de la industria de la celulosa, con una aparente ausente barrera de entrada.

A comienzos de 1990 y hasta mediados de 2000 se observó un aumento del precio, cercano al 60%, que ocurre en un escenario de crecimiento económico propiciado por el consumo de los países asiáticos, que comienzan a dejar atrás los efectos de la crisis (INFOR, 2000). Lo anterior coincide con una disminución en los *stocks* de celulosa de los países europeos pertenecientes a UTIPULP, los que descendieron la oferta desde los 42 a los 26 días.

En 1991 se produce una disminución de la actividad productiva de Estados Unidos y se observa señales recesivas en Japón, que provocaron una reducción de la demanda en todas las regiones del mundo, principalmente Europa. Además, los precios internacionales expresados en el referencial NBSK<sup>9</sup>, correspondiente a los 30 principales productores del hemisferio norte, mostraron un descenso en el precio de 708 US\$/t en enero, hasta los 419 US\$/t en diciembre (INFOR – CONAF, 2001).

Los primeros meses de 2002 mostraron una disminución en el precio. En mayo se origina un quiebre en la tendencia, influenciado por un repunte en la demanda proveniente de Asia, específicamente de Corea del Sur y China. El *stock* disminuyó un 25%, principalmente en los

---

<sup>8</sup> Asociación que representa al grupo de usuarios europeos de celulosa de mercado de los países: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Francia, Holanda, Italia, Portugal, Suiza y Reino Unido.

<sup>9</sup> *Northern Bleached Softwood Kraft*.

inventarios de Suecia, Estados Unidos, Canadá, Finlandia y Noruega (Lignum, 2002), aunque a finales de año en esos países aumentó el inventario, lo que nuevamente redujo los precios.

En 2003 los precios comenzaron al alza, propiciada por una reducción de los *stocks* en los mercados internacionales, debido a recortes en la producción llevados a cabo por empresas norteamericanas y nórdicas (Lignum, 2003). Sin embargo, a mediados de año caen nuevamente los precios debido al aumento de los inventarios *Norscan*<sup>10</sup> (Lignum, 2003). Al final de 2003 y gran parte de 2004 aumentó el precio en torno al 20%, propiciado por la reactivación económica en Estados Unidos, China y gran parte de Europa, principales consumidores. Lo anterior coincide con la caída en el suministro, especialmente en el hemisferio norte, producto de cierre de plantas en Canadá y la presencia de condiciones climáticas adversas en el sur de Estados Unidos, lo que dificultó la extracción de madera (Lignum, 2004).

A partir de 2005, los precios ascienden por sobre el 20% entre julio de 2006 y julio de 2007, producto del crecimiento de las economías mundiales, especialmente China y otros del sudeste asiático, como también debido a la reducción de inventarios de quienes participan en el *Market Pulp*. En el mismo periodo se cierran numerosas plantas en el hemisferio norte, especialmente Estados Unidos y Canadá, ocasionado por la caída del 8,5% del dólar en 2005 y la pérdida de su competitividad (Lignum citando a Diario Financiero, 2006). Como resultado de lo anterior, 4 millones de toneladas salieron del mercado entre 2005 y 2007 (Lignum citando El Mercurio, 2008).

Los precios vuelven a caer en el segundo semestre de 2008 producto de la disminución de la actividad económica internacional que se generó en Estados Unidos a raíz de la crisis inmobiliaria. Se produjo una disminución de la demanda de celulosa que provocó un aumento de los inventarios; además disminuye la oferta por la salida del mercado de importantes industrias, entre ellas Pope&Talbot, Stora Enso y UPM (Lignum citando El Mercurio, 2008). Por su parte, China luego de la realización de los Juegos Olímpicos disminuyó en cerca de un 20% su consumo, respecto del año anterior (BCI Corredor de Bolsa, 2008).

En el contexto descrito, es posible apreciar que ha existido un acortamiento en la duración de los ciclos de los precios de exportación del *commodity*, pasando desde una longitud de 6 años en el periodo 1990 – 1995, hasta un ciclo de 4 años en el último subperiodo seleccionado. Así también, se observó que a partir de 1995 se ha producido una amortiguación en la variación entre los precios mínimos y máximos, no mayor del 60%.

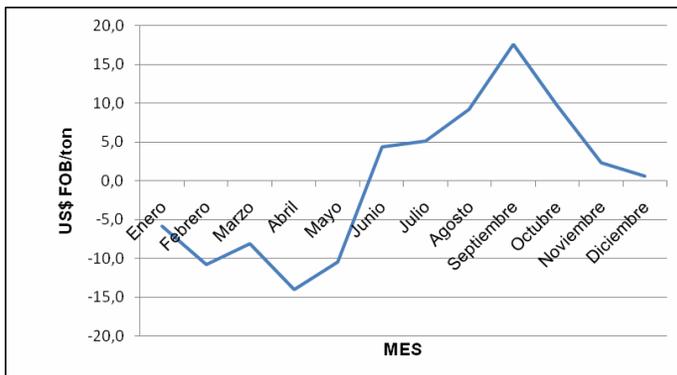
### **Componente Estacional**

En 2008 Chile provee alrededor del 9% de la oferta mundial del producto, siguiendo el precio de referencia NBSK. Así, la variación del índice de estacionalidad de los precios de exportación de la celulosa de pino radiata chilena se diferencia claramente en dos fases (Figura N° 8).

La primera fase corresponde a los meses entre diciembre y mayo, donde los precios presentan importantes descensos, incluso por debajo de la media anual, siendo los meses de abril y mayo los precios estacionales más bajos de la serie, que coinciden con el comienzo de condiciones climáticas desfavorables en el hemisferio norte para el abastecimiento de materias primas para la industria. Por lo anterior, ocurre una disminución en el consumo de celulosa por parte de las papeleras europeas, un aumento de los inventarios durante el mes de diciembre y la reducción de la producción entre enero y febrero. A lo anterior se suma que en el mes de mayo se realizan las actividades de mantenimiento de las industrias. Todo lo anterior, sumado a la disminución histórica de la demanda por papel durante el inicio del periodo estival, generan las condiciones de presión del precio a la baja (BCI Corredor de Bolsa, 2007).

---

<sup>10</sup> Referencia a Norteamérica y Escandinavia.



**Figura Nº 8**  
**ÍNDICE ESTACIONAL DE PRECIOS DE EXPORTACIÓN**

La segunda fase ocurre entre los meses de junio a noviembre, donde los precios están al alza, con el mayor precio estacional en septiembre, con un mayor precio promedio de US\$180 FOB/t. Estos aumentos coinciden con el término del verano boreal, donde ocurre una importante recuperación de la demanda en los mercados europeos (BCI Corredor de Bolsa, 2009).

Si bien durante el verano, en el hemisferio norte ocurre una disminución, tanto de la producción de celulosa como del consumo de papel, se generan aumentos en el promedio de los precios que van desde los US\$ 3 FOB/t hasta los US\$ 9 FOB/t entre los meses de junio y agosto.

## CONCLUSIONES

Los componentes de la serie de precios de exportación de celulosa blanqueada chilena de pino radiata analizados presentan una asociación aditiva, lo que indicaría independencia entre la tendencia analizada, los factores estacionales y el componente cíclico.

No fue posible modelar en una única función todo el periodo en estudio, identificándose cuatro periodos factibles de ajustar una función matemática de grado 3 para los periodos 1990 – 1995, 2001 – 2004 y 2005 – 2008, y de grado 5 para el periodo 1996 – 2000, cuyos coeficientes de determinación  $R^2$  fueron superiores al 90% para todos los subperiodos, a excepción del que va de 2001 – 2004, que sólo alcanzó un 83%.

Se identificó en el último periodo, que va desde 1991 a 2008, un acortamiento del ciclo a cuatro años, con una disminución de los *peaks* de precios mínimos y máximos desde el año 1995. Sin embargo, se esperaría una disminución de los ciclos, debido a la rápida capacidad de reacción de las empresas en el ajuste de su oferta, tendiendo rápidamente al equilibrio del mercado. Además, se espera que en años venideros al último periodo en estudio, los precios presenten un aumento producto de la recuperación post crisis de los mercados europeos y norteamericano y la creciente demanda de China.

Los precios de exportación de producto estudiado se encuentran fuertemente influenciados por factores estacionales vinculados a lo que sucede en el hemisferio norte, que se suma al impacto de la actividad económica internacional de los países desarrollados. Asimismo,

debido a lo estrecho del *Market Pulp*, la concreción de inversiones, los aumentos de capacidad instalada, la puesta en marcha de nuevas industrias, la disminución de la producción, los aumentos de inventarios, el cierre de plantas, el acceso a materias primas, provocan los principales desequilibrios del mercado y movimientos de precios.

## REFERENCIAS

**Barriga, I. 2003.** Tendencias en el mercado de la manzana en los últimos 20 años. Tesis Ing. Agrónomo. Talca, Chile. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias. 43 p.

**BCI Corredor de Bolsa S.A., 2007.** Informe Mensual Celulosa: Estadísticas Mundiales de Celulosa. Disponible en [http://200.68.28.131/medios/filiales/pdf/analisis\\_sectorial/commoditys/Celulosa\\_122006.pdf](http://200.68.28.131/medios/filiales/pdf/analisis_sectorial/commoditys/Celulosa_122006.pdf)

**BCI Corredor de Bolsa S.A., 2008.** Informe Mensual Celulosa: Sector Forestal Octubre 2008. Disponible en [https://bciimg.bci.cl/medios/inversiones2007/pdf/analisis\\_sectorial/commoditys/InformemensualcelulosaOctubre2008.pdf](https://bciimg.bci.cl/medios/inversiones2007/pdf/analisis_sectorial/commoditys/InformemensualcelulosaOctubre2008.pdf)

**BCI Corredor de Bolsa S.A., 2009.** Informe Mensual Celulosa: Sector Forestal Septiembre 2009. Disponible en: [https://bciimg.bci.cl/medios/inversiones2007/pdf/analisis\\_sectorial/commoditys/CelulosaSeptiembre2009.pdf](https://bciimg.bci.cl/medios/inversiones2007/pdf/analisis_sectorial/commoditys/CelulosaSeptiembre2009.pdf)

**CONAF (Corporación Nacional Forestal, Chile); INFOR (Instituto Forestal, Chile). 1991.** Exportaciones forestales chilenas: Enero – Diciembre 1990. Santiago, Chile. 173 p. (Boletín Estadístico N° 19).

**CONAF (Corporación Nacional Forestal, Chile); INFOR (Instituto Forestal, Chile) 1995.** Exportaciones forestales chilenas: Enero - Diciembre 1994. Santiago, Chile. 115 p. (Boletín Estadístico N° 38).

**CORFO (Corporación de Fomento de la Producción, Chile); INFOR (Instituto Forestal, Chile). 1991.** Precio de productos forestales chilenos: Actualizados a diciembre de 1990. Santiago, Chile. 79 p. (Boletín Estadístico N° 20).

**CORFO (Corporación de Fomento de la Producción, Chile); INFOR (Instituto Forestal, Chile). 1993.** Precios de productos forestales 1992. Santiago, Chile. 67 p. (Boletín Estadístico N° 31).

**CORFO (Corporación de Fomento de la Producción, Chile); ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Chile); INFOR (Instituto Forestal, Chile). 1997.** Precios de productos forestales: Actualizados a diciembre de 1996. Santiago, Chile. 90 p. (Boletín estadístico N° 49).

**INFOR (Instituto Forestal, Chile); CORFO (Corporación de Fomento de la Producción, Chile). 1994.** Precios de productos forestales: Actualizados al segundo semestre de 1993. Santiago, Chile. 34 p. (Boletín Estadístico N° 34).

**INFOR (Instituto Forestal, Chile). 2000.** Exportaciones forestales chilenas: Enero - Diciembre 1999. Santiago, Chile. 171 p. (Boletín estadístico N° 72).

**INFOR (Instituto Forestal, Chile); CONAF (Corporación Nacional Forestal, Chile). 2001.** Exportaciones forestales chilenas: Enero - Diciembre 2000. Santiago, Chile. 163 p. (Boletín Estadístico N° 77).

**INFOR (Instituto Forestal, Chile). 2009.** Exportaciones forestales chilenas: Diciembre 2008. Santiago, Chile. 93 p.

**Kazmier, L.; Díaz, A. 1998.** Estadística aplicada a la administración y a la economía. México. Editorial Mcgraw – Hill. 416 p.

**Lignum, 2002.** Subió precio de la celulosa. Base de noticias publicadas. Disponible en <http://www.lignum.cl/>.

**Lignum, 2003.** Alza en el precio de la celulosa. Base de noticias publicadas. Disponible en <http://www.lignum.cl/>.

**Lignum, 2003.** Precio de la celulosa cae por alza de inventarios. Base de noticias publicadas. Disponible en <http://www.lignum.cl/>.

**Lignum, 2004.** Celulosa sube más de 11% en el año. Base de noticias publicadas. Disponible en <http://www.lignum.cl/>.

**Lignum, 2006.** Celulosa registra su mayor precio desde 2001. Base de noticias publicadas. Disponible en <http://www.lignum.cl/>.

**Lignum, 2008.** La celulosa mantendrá sus buenos precios dentro del mediano plazo. Base de noticias publicadas. Disponible en <http://www.lignum.cl/>.

**Lignum, 2008.** Precio de la celulosa completo casi medio año de caída continua. Base de noticias publicadas. Disponible en <http://www.lignum.cl/>.

**Moreira, L.; Pereira, J.L.; Sáfadi, T.; Calegario, N. 2006.** Análise temporal do preço do carvão vegetal oriundo de floresta nativa e de floresta plantada. (en línea). Scientia Forestalis N° 70: 39 – 48. Consultado 23 oct. 2009. Disponible en <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr70/cap04.pdf>.

**Mullins, G. 2009.** ¿Hacia dónde va la industria forestal chilena?: La industria de la celulosa. (en línea). Disponible en [http://www.aipef.cl/subir/industria\\_celulosa\\_guillermo\\_mullins.pdf](http://www.aipef.cl/subir/industria_celulosa_guillermo_mullins.pdf).

**ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Chile); INFOR (Instituto Forestal, Chile). 1998.** Precios de productos forestales: Actualizados a diciembre de 1997. Santiago, Chile. 103 p. (Boletín Estadístico N° 59).

**Rodríguez, C. 2000.** Cuadernos de estadística: Análisis de series temporales. Madrid. Editorial La Muralla. 166 p.

**Rojas, A.; Ponce, M. 2002.** Evolución de los precios del maíz en Chile en último quinquenio. Panorama Socioeconómico N° 25: 12 – 27.

**Silva, N.; Lopes, M.; Eustáquio, J.; Araujo, S. 2008.** Análise de previsaes do preço da borracha no Brasil. (en línea). Scientia Forestalis N° 80: 285 – 294. Disponible en <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr80/cap04.pdf>.

**Verón, J.; Herrera, C.; Rodríguez, N. 2006.** Análisis de serie de tiempo de caudales del río El Tala período 1937 – 1960. Editorial Científica Universitaria. 11 p.

**Webster, A. 2000.** Estadística aplicada a los negocios y la economía. 3a ed. Colombia. Editorial McGraw – Hill Interamericana. 627 p.

**ANEXO Nº 1**

**PRECIO DE EXPORTACIÓN DE CELULOSA BLANQUEADA DE PINO RADIATA CHILENA Y VALOR DE CODIFICACIÓN DE FECHAS**

Fecha		Valor Codificado	Precio US\$ FOB/ton	Promedio Móvil
1990	Enero	0	772,7	
	Febrero	1	729,6	
	Marzo	2	767,1	729,6
	Abril	3	708,8	694,6
	Mayo	4	669,7	675,4
	Junio	5	597,9	645,0
	Julio	6	633,6	642,4
	Agosto	7	615,0	636,8
	Septiembre	8	695,6	638,9
	Octubre	9	641,7	626,5
	Noviembre	10	608,5	613,9
	Diciembre	11	571,6	587,6
1991	Enero	12	552,2	582,1
	Febrero	13	564,0	563,9
	Marzo	14	614,2	563,1
	Abril	15	517,6	557,0
	Mayo	16	567,3	548,9
	Junio	17	522,0	527,7
	Julio	18	523,6	523,6
	Agosto	19	508,0	498,9
	Septiembre	20	497,2	477,7
	Octubre	21	443,7	456,5
	Noviembre	22	416,0	437,2
	Diciembre	23	417,6	418,6
1992	Enero	24	411,6	413,0
	Febrero	25	404,3	420,9
	Marzo	26	415,7	422,8
	Abril	27	455,5	426,1
	Mayo	28	426,9	433,7
	Junio	29	428,2	442,5
	Julio	30	442,2	448,7
	Agosto	31	459,8	461,9
	Septiembre	32	486,2	471,6
	Octubre	33	493,2	471,5
	Noviembre	34	476,4	459,3
	Diciembre	35	441,7	435,5

1993	Enero	36	398,9	407,3
	Febrero	37	367,1	378,9
	Marzo	38	352,4	354,7
	Abril	39	334,4	340,6
	Mayo	40	320,9	332,2
	Junio	41	328,2	326,9
	Julio	42	324,9	323,4
	Agosto	43	326,1	321,3
	Septiembre	44	316,9	314,3
	Octubre	45	310,3	309,9
	Noviembre	46	293,1	304,6
	Diciembre	47	303,1	306,0
1994	Enero	48	299,4	314,3
	Febrero	49	324,0	330,4
	Marzo	50	351,7	353,3
	Abril	51	373,9	383,4
	Mayo	52	417,6	418,8
	Junio	53	449,8	452,7
	Julio	54	501,0	489,7
	Agosto	55	521,1	526,9
	Septiembre	56	559,2	560,7
	Octubre	57	603,6	587,6
	Noviembre	58	618,7	614,8
	Diciembre	59	635,2	641,1
1995	Enero	60	657,5	661,8
	Febrero	61	690,7	695,0
	Marzo	62	706,8	724,3
	Abril	63	784,9	777,7
	Mayo	64	781,7	810,3
	Junio	65	924,4	845,7
	Julio	66	853,7	864,4
	Agosto	67	883,9	878,8
	Septiembre	68	878,3	865,3
	Octubre	69	853,6	862,5
	Noviembre	70	856,8	
	Diciembre	71	839,7	

1996	Enero	0	830,5	
	Febrero	1	705,9	
	Marzo	2	547,1	575,0
	Abril	3	411,9	487,9
	Mayo	4	379,8	431,1
	Junio	5	394,6	414,7
	Julio	6	422,0	426,6
	Agosto	7	465,0	442,8
	Septiembre	8	471,8	454,2
	Octubre	9	460,6	456,3
	Noviembre	10	451,4	444,8
	Diciembre	11	432,6	431,6
1997	Enero	12	407,8	423,2
	Febrero	13	405,4	412,8
	Marzo	14	418,9	405,8
	Abril	15	399,5	410,0
	Mayo	16	397,2	421,9
	Junio	17	429,1	432,0
	Julio	18	464,8	449,2
	Agosto	19	469,6	468,9
	Septiembre	20	485,3	487,2
	Octubre	21	495,6	494,5
	Noviembre	22	520,6	494,3
	Diciembre	23	501,4	483,5
1998	Enero	24	468,4	465,6
	Febrero	25	431,7	440,4
	Marzo	26	405,7	421,8
	Abril	27	395,0	416,0
	Mayo	28	408,3	421,8
	Junio	29	439,4	428,1
	Julio	30	460,4	431,5
	Agosto	31	437,3	427,7
	Septiembre	32	412,2	414,5
	Octubre	33	389,1	394,5
	Noviembre	34	373,3	380,6
	Diciembre	35	360,4	370,3

1999	Enero	36	368,1	365,8
	Febrero	37	360,5	367,1
	Marzo	38	366,5	372,8
	Abril	39	379,8	379,4
	Mayo	40	389,2	392,8
	Junio	41	401,0	405,2
	Julio	42	427,7	417,0
	Agosto	43	428,3	432,2
	Septiembre	44	438,9	443,0
	Octubre	45	465,0	461,7
	Noviembre	46	454,9	487,4
	Diciembre	47	521,3	513,8
2000	Enero	48	557,0	537,8
	Febrero	49	571,0	569,7
	Marzo	50	585,0	590,4
	Abril	51	614,0	607,2
	Mayo	52	625,0	622,6
	Junio	53	641,0	637,8
	Julio	54	648,0	648,4
	Agosto	55	661,0	652,8
	Septiembre	56	667,0	655,4
	Octubre	57	647,0	651,8
	Noviembre	58	654,0	
	Diciembre	59	630,0	
2001	Enero	0	610,0	
	Febrero	1	570,0	
	Marzo	2	545,0	517,6
	Abril	3	452,0	474,8
	Mayo	4	411,0	438,0
	Junio	5	396,0	401,0
	Julio	6	386,0	385,0
	Agosto	7	360,0	371,8
	Septiembre	8	372,0	361,0
	Octubre	9	345,0	354,4
	Noviembre	10	342,0	354,2
	Diciembre	11	353,0	354,6

2002	Enero	12	359,0	362,0
	Febrero	13	374,0	362,0
	Marzo	14	382,0	364,4
	Abril	15	342,0	371,6
	Mayo	16	365,0	379,8
	Junio	17	395,0	389,4
	Julio	18	415,0	405,6
	Agosto	19	430,0	414,6
	Septiembre	20	423,0	411,8
	Octubre	21	410,0	400,2
	Noviembre	22	381,0	384,4
	Diciembre	23	357,0	374,6
2003	Enero	24	351,0	374,8
	Febrero	25	374,0	391,8
	Marzo	26	411,0	415,6
	Abril	27	466,0	439,4
	Mayo	28	476,0	452,2
	Junio	29	470,0	453,0
	Julio	30	438,0	443,0
	Agosto	31	415,0	435,6
	Septiembre	32	416,0	431,0
	Octubre	33	439,0	433,6
	Noviembre	34	447,0	439,6
	Diciembre	35	451,0	446,9
2004	Enero	36	444,9	459,1
	Febrero	37	452,4	476,7
	Marzo	38	500,3	495,3
	Abril	39	534,7	518,9
	Mayo	40	544,4	541,1
	Junio	41	562,9	550,9
	Julio	42	563,4	547,9
	Agosto	43	548,9	535,2
	Septiembre	44	520,0	510,5
	Octubre	45	480,7	491,4
	Noviembre	46	439,5	
	Diciembre	47	467,9	

2005	Enero	0	467,3	
	Febrero	1	478,7	
	Marzo	2	491,2	486,1
	Abril	3	503,8	484,8
	Mayo	4	489,6	477,9
	Junio	5	460,9	467,2
	Julio	6	443,8	455,0
	Agosto	7	437,8	449,6
	Septiembre	8	443,1	449,6
	Octubre	9	462,5	451,4
	Noviembre	10	460,9	452,8
	Diciembre	11	452,5	457,5
2006	Enero	12	445,1	459,6
	Febrero	13	466,6	466,1
	Marzo	14	472,8	475,4
	Abril	15	493,5	490,7
	Mayo	16	499,1	503,9
	Junio	17	521,3	521,9
	Julio	18	532,8	541,5
	Agosto	19	562,9	559,2
	Septiembre	20	591,4	574,6
	Octubre	21	587,4	592,4
	Noviembre	22	598,6	601,2
	Diciembre	23	621,5	605,0
2007	Enero	24	607,3	613,4
	Febrero	25	610,1	620,5
	Marzo	26	629,7	626,5
	Abril	27	633,8	634,2
	Mayo	28	651,5	640,5
	Junio	29	645,9	646,7
	Julio	30	641,8	652,4
	Agosto	31	660,3	655,1
	Septiembre	32	662,7	659,1
	Octubre	33	664,8	666,1
	Noviembre	34	666,1	671,7
	Diciembre	35	676,7	677,3

2008	Enero	36	688,0	683,4
	Febrero	37	691,1	688,5
	Marzo	38	694,9	692,6
	Abril	39	691,8	694,8
	Mayo	40	697,0	696,3
	Junio	41	699,1	694,3
	Julio	42	698,9	691,0
	Agosto	43	684,5	680,9
	Septiembre	44	675,5	655,4
	Octubre	45	646,7	613,2
	Noviembre	46	571,2	
	Diciembre	47	488,0	

(Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INFOR.)

# MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE LA PRADERA A TRAVÉS DEL MANEJO SILVOPASTORIL EN LOS BOSQUES DE ÑIRRE EN MAGALLANES.

Schmidt<sup>11</sup>, H., Olivares, A., Silva, C., Osses, T. y Schmidt, A.

## RESUMEN

La superficie de bosques de ñirre (*Nothofagus antarctica*) en la región de Magallanes y la Antártica Chilena abarca aproximadamente 220.000 ha. En ellos la utilización ganadera no es eficiente. Como no se aplica un manejo silvopastoril las praderas se han deteriorado y hay dificultades para regenerar y conservar los bosques.

Para revertir el deterioro de los bosques y mejorar la productividad de la pradera, la Universidad de Chile inició una serie de ensayos para manejar los bosques con un criterio silvopastoril. Se analizó los efectos de la cobertura arbórea sobre las condiciones microclimáticas y la producción de la pradera. El ensayo consta de 4 tratamientos; un tratamiento testigo, un raleo, fajas y una situación extrema sin cobertura, en la que se eliminaron todos los árboles.

Los efectos microclimáticos más importantes que se obtuvo por la disminución de la cobertura fueron un incremento de la radiación disponible para la pradera y de la temperatura del aire. También aumentó la velocidad del viento 2,1 veces en el bosque raleado y 8 veces en el tratamiento sin cobertura arbórea. La producción del estrato herbáceo aumentó de 726 Kg ha<sup>-1</sup> en el bosque testigo a 1.529 Kg ha<sup>-1</sup>, 1.984 Kg ha<sup>-1</sup> y 1951 Kg ha<sup>-1</sup>, uno, dos y cuatro años después del raleo, respectivamente. La proporción de especies forrajeras se elevó de 15 % en el bosque testigo a 67 % en el bosque raleado en el segundo año.

Palabras clave: *Nothofagus antarctica*, cobertura arbórea, producción de la pradera.

## SUMMARY

The Ñirre (*Nothofagus antarctica*) forests cover 220.000 ha in the region of Magallanes and Antarctica Chilena. Current cattle practices are not efficient because forests are not silviculturally treated and cattle are managed in an extensive way. As result, the pastures have declined in quality and the conservation and the renovation of forests are more difficult than before. In order to revert the deterioration of forests and to improve the productivity of the prairies, the University of Chile started a series of scientific trials of managing forests with a silvopastoral criteria. The effects of tree canopy cover on microclimatic variables and pasture production were analyzed. A total of four treatments, consisting in a thinned stand, a clearcutted stand (100% of trees cut), a strip-cutted stand, and a non-intervened stand (control), were selected.

The reduction in canopy cover increased incident solar radiation and air temperature. Wind speed increased 2.1 times in the thinned stand and 8 times in the clearcutted stand as compared with the control. Best production of forage species was found in the thinned stand. In this stand dry mass yield of grass species increased from 726 to 1529 and 1984 kg ha<sup>-1</sup> one, two and four years after thinning, respectively. The most important change was the gain in forage plant species which increased from 15% in the control stand to 67% in thinned stand.

Key words: *Nothofagus antarctica*, canopy cover, grass pasture, productivity.

---

<sup>11</sup> Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile, Santa Rosa 11315, Santiago, Chile. hschmid@uchile.cl.



## INTRODUCCIÓN

El área de uso ganadero en la región de Magallanes y la Antártica Chilena comprende áreas de estepa con bajas precipitaciones y áreas cubiertas por matorrales, bosques y praderas naturales, donde las precipitaciones son mayores. En las áreas con precipitaciones entre 300 a 500 mm domina ñirre (*Nothofagus antarctica*) y en las zonas con mayor precipitación domina lenga (*Nothofagus pumilio*) y coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*).

Los bosques de ñirre cubren una superficie de 220.000 hectáreas y se desarrollan en la zona de contacto con la estepa. En ellos la actividad principal es el uso ganadero, que no es eficiente, ya que no se manejan los bosques y las praderas. En consecuencia las praderas se han deteriorado y se observan dificultades en la renovación y la conservación de los bosques.

Para revertir el deterioro en los bosques de ñirre y mejorar la productividad de la pradera, la Universidad de Chile inició una serie de ensayos para manejar los bosques con un criterio silvopastoril. En ellos se analizó los efectos de la cobertura arbórea, las condiciones microclimáticas y la producción de la pradera. Se probaron cuatro tratamientos en una gradiente que va desde el bosque sin intervención, con cobertura alta, un raleo, fajas y una situación extrema sin cobertura, en la que se eliminó todos los árboles.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Área de estudio

El ensayo se instaló en el año 2006, en la península Antonio Varas, en la provincia de Última Esperanza, frente a Puerto Natales, en un sector de bosques de ñirre con árboles dominantes de 14 m de altura que corresponde a un bosque secundario de aproximadamente 100 años de edad establecido después de un incendio. Este bosque antes de la intervención tenía una densidad de 1.065 árboles, un área basal de 26,7 m<sup>2</sup> y un volumen de 155 m<sup>3</sup> por hectárea.

### Tratamientos

El ensayo consta de cuatro parcelas de una hectárea (100 m x 100 m) con distintos tratamientos en la cobertura arbórea (Cuadro N° 1 y Figura N° 1). En cada tratamiento se instaló estaciones meteorológicas para medir la precipitación, la humedad relativa, la radiación solar, la temperatura del aire y la velocidad del viento. Los sensores fueron instalados a 1,7 m sobre el nivel del suelo, simulando la altura de los vacunos.

**Cuadro N° 1**  
**TRATAMIENTOS E INTERVENCIONES SILVÍCOLAS EN EL ENSAYO**

TRATAMIENTOS	INTERVENCIÓN SILVÍCOLA
1. Testigo	Sin intervención silvícola
2. Raleo	Corta 60% del área basal
3. Fajas alternas de 5 a 20 m de ancho	
- En una faja se cortó el bosque a tala rasa	Corta 100% del área basal
- En la otra faja se dejó el bosque sin intervenir	Sin intervención silvícola
4. Tala rasa: Se cortó todos los árboles (100 x 100 m)	Corta 100% del área basal



Testigo (arriba izq), Raleo (arriba der) Fajas (abajo izq) Tala Rasa (abajo der)

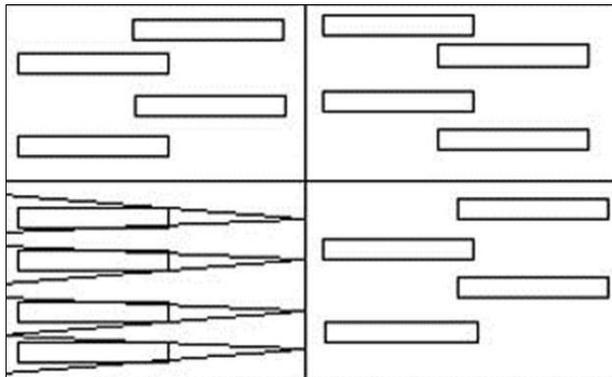
**Figura N° 1**  
**TRATAMIENTOS EN LA COBERTURA ARBÓREA EN EL ENSAYO ESTABLECIDO**  
**EN LA PENÍNSULA ANTONIO VARAS**

**Inventario del Dosel Arbóreo en los Tratamientos**

Para medir la cobertura y las existencias en el bosque se distribuyó cuatro parcelas de 10 x 50 m en cada tratamiento (Figura N° 2). En las parcelas se midió el DAP, la altura de los árboles y la retoñación de los tocones de los árboles que fueron cortados. Para medir la cobertura del dosel arbóreo se tomó 20 fotografías hemisféricas en cada tratamiento, las que se analizaron con el *software Hemi View*. Para medir el efecto de la cobertura de los arbustos, en el tratamiento testigo se tomó 3 fotografías hemisféricas a distintas alturas por cada punto (a 1,0 m, 1,7 m y 2,3 m sobre el suelo).

De esta forma se obtuvo valores para el cielo visible, la radiación indirecta, directa y global, la cobertura de copas y el índice de área foliar.

En los tratamientos testigo, raleo y fajas alternas se instaló tres anemómetros, tres sensores de temperatura y tres sensores de humedad relativa conectados a módulos de regulación y almacenamiento de datos. La captura de los registros se hizo cada una hora.



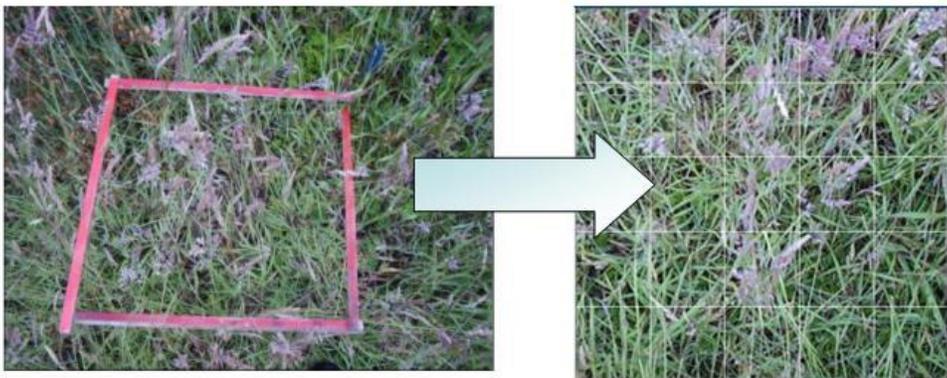
Testigo (arriba izq), Raleo (arriba der) Fajas (abajo izq) Tala Rasa (abajo der)

**Figura N° 2**  
**ESQUEMA DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS DE INVENTARIO EN**  
**ENSAYO ESTABLECIDO EN LA PENÍNSULA ANTONIO VARAS**

### Medición del Estrato Herbáceo

Para medir el desarrollo del estrato herbáceo se instaló cuatro transectos de 100 m en cada tratamiento. En ellos se tomó 100 fotografías digitales, distanciadas a 4 m entre sí.

Las fotografías fueron procesadas mediante una grilla de 16 puntos, en los que se midió la composición y la cobertura de las especies dominantes de la pradera, empleando un método similar al *point quadrat* (Figura N° 3).



**Figura N° 3**  
**PROCESAMIENTO DE LAS SUB-PARCELAS DE COBERTURA DEL ESTRATO HERBÁCEO.**

Para medir la producción de materia seca después de la intervención, se cosechó la pradera en 20 parcelas de un m<sup>2</sup> en cada tratamiento. Los pastos fueron cosechados al final del período de crecimiento, en el año 2007, 2008 y 2010.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características del Bosque y los Arbustos Originales

En el bosque se pudo determinar tres estratos. Un dosel superior conformado por las copas de los árboles a una altura dominante de 14 m, un dosel de arbustos intermedio con alturas hasta 3 metros y un estrato de arbustos bajos y plantas herbáceas que cubre el piso (Figura N° 4). Las especies arbustivas encontradas fueron *Escallonia serrata*, *Berberis buxifolia*, *Pernettya mucronata* y *Ribes magallanicum*, las que tienen una altura promedio de 80 cm



Figura N° 4  
ESTRUCTURA DEL BOSQUE DE ÑIRRE CON UN DOSEL SUPERIOR DE ÁRBOLES, UN ESTRATO ARBUSTIVO INTERMEDIO Y UN ESTRATO ARBUSTIVO Y HERBÁCEO EN EL PISO

### Distribución de la Radiación Disponible Bajo el Dosel Arbóreo y Arbustivo

La radiación global disponible bajo el dosel arbóreo (medida a 2,3 m de altura) fue 44,6% de la radiación disponible sobre el dosel. Bajo la cobertura del dosel arbustivo (medida a 1,0 m de altura) la radiación global disponible disminuye a 34,1% de la disponible sobre el dosel arbóreo. Esto implica una pérdida de casi 25% de la radiación disponible bajo el dosel arbóreo de los ñirres (Cuadro N° 2).

Cuadro N° 2  
COBERTURA DE COPAS, ÍNDICE FOLIAR Y RADIACIÓN DISPONIBLE A DISTINTAS ALTURAS BAJO LOS ÁRBOLES Y LOS ARBUSTOS EN EL BOSQUE DE ÑIRRE TESTIGO EN EL ENSAYO.

Altura Fotografía	Cielo Visible (%)	Radiación Indirecta (%)	Radiación Directa (%)	Radiación Global (%)	Cobertura de Copas (%)	Índice Área Foliar (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )
1,0 m	28,4 <sup>a</sup>	37,4 <sup>a</sup>	33,4 <sup>a</sup>	34,1 <sup>a</sup>	49,2 <sup>a</sup>	1,19 <sup>a</sup>
1,7 m	31,0 <sup>a</sup>	40,1 <sup>a</sup>	36,5 <sup>ab</sup>	37,1 <sup>ab</sup>	43,3 <sup>a</sup>	1,13 <sup>a</sup>
2,3 m	38,1 <sup>b</sup>	48,6 <sup>b</sup>	43,8 <sup>b</sup>	44,6 <sup>b</sup>	37,0 <sup>a</sup>	0,85 <sup>b</sup>
F	13,86	9,99	4,17	5,24	2,11	7,84
P	0,000	0,000	0,020	0,008	0,131	0,001

F: Fisher test; P: probability level; Letras indican diferencias significativas entre tratamientos (p<0,05).

## Coberturas y Existencias en el Bosque

El bosque original del ensayo es un renewal constituido por 1.830 árboles por hectárea, con un área basal de 35,9 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> y un volumen de 217 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. En el raleo se extrajo un 70% de los árboles, correspondiente al 40% de las existencias. En el tratamiento de fajas alternas se cortó los árboles en el 50% de la superficie y en la tala rasa el 100%. Un 40% de los tocones retoñó en los primeros meses después de la intervención (Cuadro N° 3).

**Cuadro N° 3**  
**COBERTURAS, EXISTENCIAS Y RETOÑOS DE LOS TOCONES DE ÑIRRE EN EL ENSAYO EN EL PRIMER AÑO DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN**

Tratamiento	Densidad (arb ha <sup>-1</sup> )	Cobertura (%)	G (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	G extraído (%)	Volumen (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Retoños (%)
Testigo	1.830	57	35,9	0	217	---
Raleo	560	41	21,5	40	130	56,6
Fajas	0 - 1.830	30	18	50	0 - 217	37,2
Tala rasa	0	0	0	100	0	23,9

## Mediciones Meteorológicas

Los registros de los instrumentos en los años 2007 y 2008 son resumidos en el Cuadro N° 4 (no se incluyen los registros de la tala rasa).

**Cuadro N° 4**  
**RESUMEN DE LOS REGISTROS DE LAS MEDICIONES METEOROLÓGICAS EN LOS AÑOS 2007 Y 2008 EN EL ENSAYO SILVOPASTORIL EN ANTONIO VARAS**

Variables	Tratamiento	2007				2008	
		Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Viento (m s <sup>-1</sup> )	Testigo	0,31 <sup>a</sup> (-0,08)	0,27 <sup>a</sup> (0,04)	0,20 <sup>a</sup> -0,04	0,37 <sup>a</sup> -0,05	0,28 <sup>a</sup> -0,04	0,21 <sup>a</sup> -0,05
	Fajas	0,45 <sup>a</sup> -0,11	0,34 <sup>a</sup> (0,07)	0,33 <sup>a</sup> -0,05	0,56 <sup>a</sup> -0,08	0,45 <sup>ab</sup> -0,09	0,25 <sup>a</sup> -0,08
	Raleo	0,72 <sup>a</sup> -0,19	0,82 <sup>b</sup> (0,04)	0,61 <sup>b</sup> -0,02	0,96 <sup>b</sup> -0,05	0,78 <sup>b</sup> -0,08	--
Temperatura (°C)	Testigo	10,64 <sup>a</sup> (0,47)	3,45 <sup>a</sup> (0,65)	2,86 <sup>a</sup> -0,68	8,26 <sup>a</sup> -0,69	12,04 <sup>a</sup> (0,23)	2,78 <sup>a</sup> -0,84
	Fajas	10,97 <sup>a</sup> (0,51)	3,76 <sup>a</sup> (0,65)	3,06 <sup>a</sup> -0,63	8,23 <sup>a</sup> -0,75	12,16 <sup>a</sup> (0,23)	3,02 <sup>a</sup> -0,84
	Raleo	11,03 <sup>a</sup> (0,48)	3,96 <sup>a</sup> (0,64)	2,49 <sup>a</sup> (0,94)	9,24 <sup>a</sup> -0,72	12,13 <sup>a</sup> (0,26)	3,28 <sup>a</sup> -0,82
Humedad relativa (%)	Testigo	80,20 <sup>a</sup> (1,88)	90,45 <sup>a</sup> (1,29)	85,60 <sup>a</sup> (2,25)	75,76 <sup>a</sup> -1,04	73,44 <sup>a</sup> (1,11)	91,01 <sup>a</sup> (1,68)
	Fajas	74,75 <sup>ba</sup> (1,25)	86,97 <sup>a</sup> (1,13)	83,20 <sup>a</sup> (1,85)	72,45 <sup>a</sup> -1,84	69,43 <sup>a</sup> (1,56)	87,27 <sup>a</sup> (2,05)
	Raleo	70,80 <sup>b</sup> (3,46)	86,82 <sup>a</sup> (1,18)	84,90 <sup>a</sup> (2,71)	71,94 <sup>a</sup> -1,07	71,04 <sup>a</sup> (1,06)	88,42 <sup>a</sup> (1,83)

\*Letras indican diferencias significativas entre tratamientos (p<0,05). Los valores entre paréntesis corresponden al error estándar.

En los tratamientos de disminución de la cobertura se observó un aumento en la velocidad del viento, al compararlas con la situación de bosque sin intervención (Cuadro N° 4). En el raleo el incremento fue de 210% y en las fajas aumentó 43%.

En la tala rasa la velocidad del viento solo fue registrada durante los meses de marzo a mayo del año 2007. En ese período la intensidad del viento fue ocho veces mayor que en el bosque testigo.

La temperatura promedio en el bosque testigo fluctúa entre 12,1 °C en verano y 2,9 °C en invierno. Con la disminución de cobertura en los tratamientos no se generan diferencias significativas, solo se produce un leve aumento, que incide favorablemente en la productividad de la pradera y en los animales.

El incremento en el raleo fue de 0,4 °C, 6% más que en el bosque testigo, y en las fajas en promedio aumentó 0,2 °C. Con la disminución de cobertura en los tratamientos la humedad relativa baja levemente; en el bosque testigo es 83 %, baja a 79 % en las fajas y en el raleo a 78 % (Cuadro N° 4).

### Producción de Materia Seca en el Estrato Herbáceo

El efecto de la disminución de la cobertura arbórea sobre la producción de materia seca en la pradera es presentado en el Cuadro N° 5.

La mayor producción se encontró en el bosque raleado, en el que se duplicó la producción de materia seca en el primer año después de la intervención en comparación con el bosque testigo. Esta diferencia se acentuó en el segundo año.

En promedio el rendimiento de materia seca en los tratamientos de raleo, fajas y tala rasa se incrementó un 18 % respecto al primer año.

**Cuadro N° 5**  
**MATERIA SECA COSECHADA EN EL PRIMER Y SEGUNDO AÑO**  
**DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN DEL ENSAYO**

Tratamiento	Materia Seca		
	2007	2008	2010
	(Kg ha <sup>-1</sup> )		
Testigo	726 (60,3)	557 (23,3)	1.054
Raleo	1.529 (98,6)	1.984 (57,4)	1.951
Fajas	1.192 (110,8)	1.124 (32,8)	1.428
Tala	960 (98,7)	1.360 (39,9)	2.582

Los valores entre paréntesis corresponden a la desviación estándar.

Al disminuir la cobertura arbórea se incrementó la proporción y el peso de las especies forrajeras, como *Holcus lanatus* (pasto miel) y *Dactylis glomerata* (pasto ovillo) y tienden a disminuir especies poco interesantes como *Blechnum penna-marina* (helecho).

El peso de la materia seca de las forrajeras en el raleo, dos años después de la intervención, aumentó 16 veces (de 82 kilos por hectárea a 1.332 kilos). Algo similar ocurre en las fajas y en la tala rasa.

**Cuadro N° 6**  
**PRODUCCIÓN DE ESPECIES HERBÁCEAS EN LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS**  
**DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN Y SU INTERÉS FORRAJERO**

Tratamientos	<i>Holcus</i>	<i>Dactilis</i>	<i>Acaena</i> *	<i>Blechnum</i> *	<i>Otras</i> *	Total
	(Kg ha <sup>-1</sup> )					
<b>Testigo</b>	57 (24) <sup>a</sup>	25 (9) <sup>a</sup>	31 (9) <sup>a</sup>	422 (94) <sup>a</sup>	22 (6) <sup>a</sup>	557 (104) <sup>a</sup>
<b>Raleo</b>	1331 (286) <sup>b</sup>	2 (1) <sup>ba</sup>	52 (17) <sup>a</sup>	551 (117) <sup>a</sup>	48 (11) <sup>a</sup>	1984 (257) <sup>b</sup>
<b>Faja</b>	1227 (292) <sup>b</sup>	153 (64) <sup>ca</sup>	197 (85) <sup>ba</sup>	577 (134) <sup>a</sup>	95 (49) <sup>a</sup>	2249 (293) <sup>b</sup>
<b>Tala Rasa</b>	616 (184) <sup>b</sup>	86 (54) <sup>ca</sup>	175 (40) <sup>b</sup>	428 (99) <sup>a</sup>	55 (21) <sup>a</sup>	1360 (178) <sup>b</sup>

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

Los valores entre paréntesis corresponden al error estándar.

\* Especies sin interés forrajero

## CONCLUSIONES

Los mejores resultados en la producción de la pradera fueron obtenidos reduciendo la cobertura del bosque, mediante raleos o fajas. La producción del estrato herbáceo prácticamente se duplicó en el segundo año y se triplicó después del tercer año. Sin embargo, más importante, es el aumento la proporción de especies forrajeras en esta producción, que se eleva 16 veces respecto al testigo.



## RESUMEN

El pino piñonero es un árbol de origen mediterráneo, que produce el piñón de pino más importante y valorado por el mercado y por el mundo gastronómico de entre todos los piñones de pino, comercializados como fruto seco o condimento.

INFOR realizó una gira técnica a España, Italia y Portugal durante la cual se visitaron instituciones de investigación, productores de diferente importancia, asociaciones de propietarios y entes gubernamentales, entre otros.

El trabajo presenta los antecedentes recogidos por temática, distinguiéndose las principales diferencias por país, agrupadas en Manejo, tanto en bosques naturales (regeneración natural, manejo, podas y raleos, cosecha de piñas, cosecha de madera) como en plantaciones (establecimiento, siembra directa, plantación, podas y raleos, injertos, cosecha); Sanidad; Productividad en bosques naturales y en plantaciones, sin injertar e injertadas; Elaboración del piñón, describiendo dos tipos principales, la elaboración tradicional, común en empresas medianas y pequeñas, y la elaboración industrial, común en empresas medianas y grandes, así como los subproductos de la elaboración; Mercado del piñón, respecto de productos, producción, demanda, comercio exterior, comercialización, características de los consumidores, formatos de venta, productos competidores, costos de producción, precios, estándares de calidad para el comercio internacional de piñones; y finalmente, Conclusiones.

## SUMMARY

Stone Pine is a Mediterranean species, which produces the pine nut, the most important and valued Pine nut both by the market and by the gastronomic world, commercialized as dried fruit or as seasoning. For this reason, INFOR realized a technical tour to Spain, Italy and Portugal during which research institutions, producers of different importance, owners' associations and governmental entities, between others were visited.

This paper presents information gathered by subject, distinguishing differences by country, grouped in Management both in natural forests (natural regeneration, pruning and thinning, cones harvest, timber harvest) and in plantations (establishment by direct sowing and by plantation, pruning and thinning, grafting, harvesting); Health; Productivity in natural forests, in plantations and in orchards (grafted plants); Production of pine nut, describing two principal modalities, the traditional, commonly applied by medium and small companies, and the industrial, commonly applied by medium and big companies, as well as by-products of the process; Pine nut market: products, production, demand, exterior trade, commercialization, consumers characteristics, sale formats, rival products, production costs, prices, quality standards for pine nut international trade; and, finally, Conclusions.

## INTRODUCCIÓN

El pino piñonero es un árbol de origen mediterráneo, cuyos bosques abarcan una superficie mundial de más de 600 mil hectáreas, de las cuales más del 70% se ubica en España, seguido de Portugal con un 10%, Italia y Turquía con 6% cada uno, y el resto distribuido entre

Túnez, Marruecos e Israel. Su característica principal es que produce el piñón de pino más importante y valorado por el mercado y por el mundo gastronómico de entre todos los piñones de pino. Se comercializa como fruto seco o como condimento.

En noviembre del 2010 INFOR realizó una gira técnica a España (Barcelona, Valladolid, Madrid), Italia (Grosseto, Pisa, Roma) y Portugal (Setúbal, Lisboa) para adquirir conocimientos e incorporar tecnologías sobre el manejo frutal, establecimiento de plantaciones, técnicas de cosecha y procesamiento del piñón de pino, así como antecedentes sobre su comercialización (precios, mercados, actores, tipos de productos).

Se visitó varias instituciones de investigación involucradas con la especie (INIA<sup>12</sup> e IRTA<sup>13</sup> en España; Istituto per la Selvicoltura de Arezzo y Residencia Presidencial de Castelporziano en Italia; INRB<sup>14</sup> y Universidad de Évora en Portugal); productores de diferente importancia (Daniele Ciavolino, Italia, principal productor mundial; Tres Pins o Frutos Secos Puig, España, segundo productor mundial; y varias empresas medianas, tales como La Rosa (Portugal), Piñones Lozano y Agustí Nogueras (España), e Il Pino y Grassini (Italia); asociaciones de propietarios (Consortio Forestal de Cataluña y CESEFOR<sup>15</sup> (España); ANSUB<sup>16</sup> en Portugal); y varios entes gubernamentales (Centro de la Propiedad Forestal de Cataluña y ASFOVA<sup>17</sup>, en España; Parque Regional San Rossore en Italia, y la Asociación Forestal Nacional en Portugal), entre los principales. Los antecedentes recogidos se presentan por temáticas, distinguiéndose las principales diferencias por país. Cabe notar que en los países visitados gran parte de la propiedad es pública y administrada y gestionada por entes locales.

## MANEJO DE BOSQUES NATURALES

La mayor parte del recurso existente en los países visitados corresponde a bosques naturales, en los cuales se aplica un manejo extensivo, que en una superficie significativa se reduce sólo a la cosecha de piñas.

### Regeneración Natural

La regeneración natural es un aspecto crítico para la especie, ya que se produce solo en situaciones de suficiente luz y presencia de piñones en buen estado. En Italia, en masas naturales con rotaciones de 125 a 150 años, se hace un raleo fuerte para abrir la masa y permitir su regeneración, aprovechando que a esa edad la producción de piña todavía es interesante. Posteriormente, se hacen claros sucesivos para favorecer el desarrollo de la regeneración natural que se ha instalado y finalmente una corta de aprovechamiento eliminando el total de los árboles adultos remanentes cuando la regeneración tiene 4-6 m de altura y todavía es flexible, por lo que no se daña.

En Italia el único lugar donde se verifica regeneración en pinares sin intervención es un sector del Parque de la Maremma (Pineta de Alberete), con una densidad de 140 árb/ha.

### Podas y Raleos

La poda es la principal intervención de manejo en estos bosques naturales, con el objetivo de buscar la armonía del árbol en su conjunto, dejando una copa redondeada y con un

---

<sup>12</sup> INIA: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, España.

<sup>13</sup> IRTA: Investigación y Tecnología Agroalimentarias, Instituto de Investigación de la Generalitat de Catalunya, adscrito al Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca, Alimentación y Medio Natural, España.

<sup>14</sup> INRB: Instituto Nacional de Recursos Biológicos, Ministerio de Agricultura, Desarrollo Rural y Pesca, Portugal.

<sup>15</sup> CESEFOR: Centro de Servicios y Promoción Forestal y de su Industria de Castilla y León, España.

<sup>16</sup> ANSUB: Asociación de Productores Forestales del Valle de Sado, Portugal.

<sup>17</sup> ASFOVA: Asociación Forestal de Valladolid, España.

solo tronco, el más vigoroso; eliminar las ramas secas y verdes no productivas, así como las más gruesas y verticales de un verticilo que suprimen el eje principal. Se recomienda podar cada 10-15 años, ya que esta práctica reduce la producción. En el caso de bosques sin manejo, donde predominan árboles con ramas desganchadas, gran cantidad de ramas secas, e incluso árboles inclinados y fracturados producto de la búsqueda de luz, la primera poda debería eliminar como máximo un 50% de la copa.

En Italia en la última década se ha producido una pérdida de profesionales en este oficio, debido al estado sanitario de los bosques que los ha vuelto improductivos y al elevado riesgo de esta actividad, que exige el escalado de árboles de grandes dimensiones; por esta escasez de mano de obra especializada, los precios cobrados son muy elevados. Antiguamente en este país se permitía la recogida de las piñas a cambio de la poda en situaciones en que era necesario reducir el riesgo por caída de piñas o ramas, como por ejemplo en campings y calles.

Con respecto a los raleos, se efectúan raramente, salvo casos en que se los practica con fines de permitir la regeneración natural. La madera obtenida generalmente se tritura para bioenergía o para la fabricación de *pellets*.

### **Cosecha de Piñas**

La temporada de cosecha está regulada por ley en dos de los tres países visitados, a fin de asegurar que se cosechen piñones biológicamente maduros. En España comienza el 1° de noviembre en Cataluña, y el 11 de noviembre en Valladolid, finalizando el 28 de febrero en ambas provincias; en Portugal se inicia el 1 de diciembre y finaliza el 30 de marzo del año siguiente; en Italia no existe un periodo reglamentado.

Históricamente la cosecha de las piñas era desarrollada en su totalidad en forma manual, escalando los árboles, faena que se ha ido sustituyendo en forma progresiva por el uso de máquinas vibradoras que elevan el rendimiento de la faena. La cosecha mecanizada se utiliza en sectores de accesibilidad fácil a media, ya que el sotobosque debe permitir la circulación de la maquina aunque sea a una velocidad reducida, por lo que se considera que superficies inferiores a 100 hectáreas no son atractivas en términos económicos para su realización. En algunas propiedades estatales se prohíbe el uso de esta maquinaria por sus efectos negativos sobre el suelo.

Cada máquina vibradora cosecha 200-300 plantas/jornada, dependiendo de las características del lugar, con un costo cercano a € 50/hora. La vibración es muy importante ya que, dada la biología de la especie que superpone piñas de 1, 2 y 3 años simultáneamente de las cuales se cosechan solamente las maduras, de 3 años, si se realiza en forma inadecuada puede provocar la caída de piñas inmaduras, comprometiendo la producción de los años posteriores. Por ello se aplican vibraciones de un máximo de 15 segundos, aunque algunos operadores distribuyen ese tiempo en 3 repeticiones de 5 segundos, ya que de acuerdo a su experiencia resulta más conveniente.

La vibración también hace caer parte del material seco presente en la copa, sirviendo en la práctica como una poda no dirigida. La recogida posterior de las piñas desde el suelo se realiza en forma manual, con un rendimiento de 4.000-4.500 kg/jornada/cuadrilla de 3-4 personas, rendimiento que varía dependiendo del tipo de sotobosque. A los escaladores se les paga en promedio en Portugal € 17/jornada o € 0,2/kg, siendo esta última forma de pago la más común dado que maximizan los rendimientos.

### **Cosecha de Madera**

En bosques ordenados de Italia se observaron dos tipos de cosecha; la primera a tala rasa en franjas de máximo 1 hectárea a una edad cercana a los 100 años y los cuarteles vecinos no pueden ser intervenidos antes de 5 años de establecida la plantación.

La segunda, aplicada en bosques que han alcanzado la madurez y cuya producción de piñones ha disminuido notoriamente, también corresponde al método de tala rasa, pero cortándose sectores más reducidos, de hasta 1.000 m<sup>2</sup>, en general circulares. Los árboles de las zonas aledañas proporcionan semilla para la regeneración natural, o en su defecto se establecen plantas de calidad producidas en vivero con semilla local. Cuando se cosecha madera, ya sea por raleos o por tala rasa, ésta se aprovecha principalmente para *chips*, y no más de un 20% corresponde a trozas de calidad que se destinan a madera aserrada, para usos en interiores. El precio de la madera observado en el norte de Italia ascendía a € 3,67/quintal, y en el centro de ese país a € 0,7-1,0/quintal.

## MANEJO DE PLANTACIONES

El costo de forestación en España asciende a € 1.000/ha, del cual se subvenciona hasta el 80%, en función de la zona y del uso anterior, siempre y cuando las plantas provengan de viveros certificados.

En general las plantaciones son monoespecíficas (puras), pero existen casos en que se usan plantaciones mixtas, tanto en Italia como en España. Las ventajas de una plantación pura de este tipo son la facilidad del manejo con una receta estándar, raleo en diagonal, y producción de madera y piñones en forma combinada, y sus desventajas corresponden a la fragilidad del modelo, como cualquier monocultivo. La alternativa corresponde a plantaciones mixtas polifuncionales, es decir con más de una función, en las que se combina el pino piñonero con otras especies seleccionadas con objetivos específicos. En las plantaciones mixtas de última generación no se hacen raleos sino que utilizaciones, lo que es una ventaja frente al modelo puro, pero requieren profesionales capacitados. Se usan mayoritariamente plantaciones en hilera para simplificar su implementación, con distanciamiento entre plantas principales de 7-8 m.

Las situaciones observadas incorporan especies arbóreas y arbustivas, con sistemas radiculares superficiales y profundos, y la asociación del pino piñonero, que produce piñones anualmente, con especies tales como alcornoque (*Quercus suber*) que produce corcho cada 10 años; ciprés (*Cupressus sp*), que produce madera de alto valor; y especies productoras de biomasa manejadas como monte bajo, tales como olmo (*Ulmus sp.*), cerro (*Quercus cerris*), roverella (*Quercus pubescens*), leccio (*Quercus ilex*), entre otras.

### Establecimiento de Plantaciones

#### -Siembra Directa

La siembra directa es una técnica apropiada para la especie, ya que permite que la planta establezca su raíz principal pivotante inmediatamente, pudiendo alcanzar 1 m de altura ya en el primer año. Para su implementación se ara el suelo, se hace un surco en el que se siembran los piñones al voleo sin cubrirlos, y posteriormente se ralea manualmente el exceso de plantas. Se ha empleado también siembra directa después de una tala rasa, con buenos resultados.

#### -Plantación

**Tipo de Planta:** En Italia utilizan plantas de 1 año de vivero producidas en contenedores largos, con semilla local, sin micorrizas. En Portugal producen plantas que a los 8 meses se venden a € 0,2/planta por menos de 1.000 unidades y a € 0,11/planta sobre esa cantidad. Recomiendan que la semilla empleada tenga al menos un año desde su cosecha.

**Densidad:** Los distanciamientos iniciales observados fluctúan entre 3 x 3 y 10 x 10 m. En Italia para producir piñones utilizan distanciamientos de 7 x 7 hasta 10 x 10 m. En España

en cambio recomiendan densidades inferiores, 6 x 6 m y un raleo a los 30 años. En Portugal manejan para tener una densidad final de 100 a 120 árboles/ha.

**Cuidados Culturales:** Solo en algunas ocasiones se utilizan protecciones para evitar daño por animales, como conejos.

**Fertilización:** En España se ha aplicado fósforo para inducir el crecimiento del sistema radicular. En Portugal fertilizan en dosis generales, aplicando nitrógeno y fósforo.

**Riego:** El riego puede ser importante debido a que es una especie muy sensible a la disponibilidad hídrica. Después de una lluvia puede crecer 10-15 cm. Por ello donde es necesario se recomienda aplicar al menos un riego en verano.

Aun cuando no hay prescripciones definidas en plantaciones de la especie, el riego y la fertilización resultan beneficiosos para estimular la producción de piñas, lo que se puede apreciar en individuos ubicados en canchas de golf y urbanizaciones con jardines.

## Manejo

### -Podas

La producción está directamente relacionada con la copa, por lo que se recomienda evitar podas excesivas que reducirían la cantidad de piñas. En algunas plantaciones jóvenes no se poda para mantener las ramas bajas que soportan las flores masculinas y, además, porque también pueden dar piñas. Los criterios para realizar estas faenas son coincidentes con los indicados en el caso de bosques naturales, con la excepción de pinos urbanos. En Italia inician las podas productivas entre los 6 y 15 años, y en general se aplican después de los raleos. En Roma, hay muchos pinos piñoneros dentro de la ciudad cuyas copas son manejadas cada 5-6 años para disminuir los riesgos de caída de ramas sobre personas, que pueden llegar a causar muertes por impacto, o dañar infraestructura.

### -Raleos

En Portugal en una zona con 550 mm anuales de precipitación y 4-5 meses secos, se han establecido numerosas plantaciones con el subsidio del DL 2080. En estas plantaciones se usa un esquema de manejo que considera una densidad inicial de 810 plantas/ha, sin fertilización ni riego, un raleo del 50% de los individuos a los 6 años y otro del 30% remanente a los 13 años. En estas condiciones la primera cosecha de piñas se realiza a los 11 años (Figura N° 1).



**Figura N° 1**  
**PLANTACIÓN MANEJADA PARA PRODUCCIÓN DE PIÑONES**

En Italia se observó varias situaciones:

- i). Plantación establecida con densidad inicial de 3 x 3 m; raleo diagonal del 50% a los 16 años, que lleva a un distanciamiento medio de 5 x 5 m; y estiman necesario un último raleo a los 25 años que llegará a densidad final (100-140 árboles/ha). En estas situaciones de alta densidad, cuando se ralea no hay sotobosque, por lo que posteriormente se debe evitar el establecimiento de zarzamora. Los árboles raleados se convierten en chip que se vende a € 4/quintal verde y € 8/quintal seco.
- ii). En el Parque Migliarino San Rossore plantan 2.500 plantas/ha; ralean a 1.000 plantas/ha a los 10 años y a 600 plantas/ha a los 15 años, para finalmente reducir a 380 plantas/ha a los 20 años.
- iii). En la Residencia Presidencial de Castelporziano hay cerca de 1.000 ha de la especie manejadas con ciclos de corta de 80 a 100 años, aun cuando la especie se mantiene productiva hasta los 150 años. Se ralea entre los 20 y 40 años, llegando a una densidad final de 125-150 árboles/ha. Los rendimientos del raleo son 3-4 jornadas/ha.

## **Injertos**

Se visitó varios huertos y plantaciones injertadas. La información de algunas de ellas se resume a continuación:

### **-Portugal**

- i). En Alcacer do Sal, la ANSUB tiene un huerto clonal con 64 clones seleccionados por productividad, inscritos en el Registro Nacional de Materiales de Base (RNMB), establecido el 2003. Este huerto genera púas (máximo 30 púas/árbol/temporada) y semilla, dado que los clones se instalaron con un esquema que evita consanguinidad. Para optimizar el uso del suelo establecieron una plantación mixta a 4 x 2 m de pino piñonero y pino marítimo (*Pinus pinaster*), que crece más rápido y se usa para producir postes cuando se cosecha, para dejar un huerto puro a 4 x 4 m, el que finalmente quedará con un distanciamiento de 8 x 8 m cuando las copas se desarrollen. Sus recomendaciones para instalar huertos productivos incluyen presencia de pinos adultos a una distancia máxima de 500 m, con vientos dominantes hacia el huerto, para garantizar polinización; localización protegida de robos; y uso de cerco; y, debido al tamaño final de los individuos, usar densidades de 10 x 10 m. También han injertado en terreno con un 80% de prendimiento, lo que resulta más barato que injertar en vivero (€ 2,1 + impuesto/planta injertada en terreno).
- ii). Plantación de 17 años, Finca Monte Novo, Alcacer do Sal, establecida con una densidad inicial de 5 x 5 m, que posteriormente se redujo a 10 x 10 m. Se injertó en campo a los 3 años, y la producción comenzó a los 12 años, con 80 piñas/árbol.

### **-España**

En España la utilización de injertos en pino piñonero es un método que surgió en la década de los años 60 del siglo pasado, para adelantar la edad fisiológica de los árboles y así obtener ejemplares que a los 6-7 años sean productores. Emplean como porta injerto pino de Alepo (*Pinus halepensis*) para suelos más pobres y áridos, y pino piñonero (*Pinus pinea*) para suelos arenosos. Se ha visto que la altura del injerto no influye en la producción. El uso de esta técnica requiere la poda de ramas del patrón, pues de lo contrario el injerto es suprimido, situación observada en varias ocasiones.

- i). En Cataluña, Girona, plantación de 5 años que se empezó a injertar en campo con material procedente de un huerto clonal (INIA, Madrid).

ii). INIA posee huertos injertados con 16 clones de 4 procedencias seleccionadas considerando la producción, replicados en Madrid (10 años), IRTA Caldés de Montbui (2 años) (Figura N° 2), Valladolid en 2 sitios (Quintanilla a 900 msnm, 18-20 años, y Tordesillas a 650 msnm, 14 años), y Zaragoza (establecido el 2010). En Tordesillas, establecido a 4 x 4 m, obtienen producciones de 2.300 kg de piña/ha/año (Figura N° 3).



**Figura N° 2**  
**HUERTO INJERTADO CON MANEJO INTENSIVO (RIEGO TECNIFICADO)**



**Figura N° 3**  
**RÉPLICA DE HUERTO CLONAL DE INIA EN TORDESILLAS**

### **Cosecha**

Esta faena se realiza como indicado para bosques naturales, con la excepción de plantaciones injertadas, en las cuales mayormente se emplea cosecha manual con gorguz<sup>18</sup> desde el suelo. No se han realizado estudios sobre el efecto del vibrado en pinos injertados.

### **SANIDAD**

En Italia existe una plaga importante que está afectando la especie y que corresponde a *Leptoglossus occidentalis*, especie originaria de Canadá, que se detectó en 1999. Esta plaga en dos años redujo la producción de piñones un 50% y su efecto siguió creciendo hasta alcanzar casi la totalidad de la producción, reduciéndose además el rendimiento de piña a piñón blanco del 3,5%

---

<sup>18</sup> Vara larga que lleva en uno de sus extremos un hierro de dos ramas, una recta y otra curva, y sirve para coger las piñas de los pinos

tradicional a un 0,8%. Cuando la piña está atacada por *Leptoglossus occidentalis* secreta más resina, se oscurece y es más liviana. Se presume que el insecto viajó desde Croacia a Serbia, y desde ahí a Italia. Esta plaga también afecta a pistacho y otros frutos secos. También se la ha detectado en Polonia e Inglaterra, por lo que no habría restricciones de temperatura para su desarrollo.

En todas las zonas visitadas se mencionó una disminución progresiva de la producción de piñas y del rendimiento de las mismas al transformarlas a piñón blanco, afectando la cadena productiva del piñón, que en Italia empleaba cientos de personas, tanto en la elaboración del piñón como en podas, raleos y otras actividades en los bosques. Por ejemplo en la provincia de Grosseto, la producción bajó un 99%, por lo que actualmente sólo hay un productor trabajando, para lo cual importa materia prima (piñas) desde Portugal y Turquía.

En España se localizó por vez primera en Barcelona en 2003 (Domínguez, 2011); los rendimientos el año 2009 alcanzaron 1,4 - 1,8% (14 a 18 Kg de piñón blanco/tonelada de piña), y el año 2010 bajaron a 0,7 - 1,1%, a lo que se suma un 40% de piñones vanos, lo que es un signo que la plaga se estableció, habiéndose confirmado detecciones en Madrid y Cataluña. En particular en Cataluña se ha observado una disminución del rendimiento junto a una reducción de la producción de piñas; en un año normal la producción alcanzaba 8 - 12 miles de toneladas de piñas y hoy no supera 800 toneladas, a lo que se suma una pérdida de rendimiento desde 3,5 - 4% a menos del 2%, lo que incluso ha condicionado la operatividad de plantas procesadoras de mayor volumen.

En Portugal el año 2010 se registró oficialmente su presencia (Calado, 2011); probablemente el contagio se debió al envío de piñas infectadas desde Italia a Portugal vía marítima, para valorizar una materia prima de reducido valor.

En Italia, su control se está estudiando, siendo los más avanzados por el alto impacto que ha tenido *Leptoglossus* en la producción del piñón. Lo más reciente es la introducción desde Canadá (British Columbia) del himenóptero parasitoide de huevos *Gryon pennsylvanicum* a Florencia, Italia (Roversie et al., 2011), como parte del programa de control nacional, encontrándose aún en etapa de cuarentena y reproducción. La lentitud en la introducción de controladores biológicos tomó mucho tiempo por dificultades administrativas, ya que la mayor parte de los bosques de la especie se encuentran en o cerca de parques protegidos donde no está permitida la introducción de especies foráneas. En España varios productores hicieron una solicitud de información para el manejo de la plaga al Servei de Gestió Forestal, Departament de Medi Ambient i Habitatge, pero hasta fines del 2010 no habían recibido respuesta.

En Italia también existen otros problemas sanitarios, pero de menor importancia, entre ellos *Tomicus* sp., que reduce el vigor de las plantas, por lo que al año siguiente se encuentran débiles y por ende susceptibles a otros ataques. Los árboles atacados por este insecto se observan defoliados, con pocas acículas, y con manchas blancas sobre la corteza, que corresponde a resina que el árbol produce después que la hembra ha puesto sus huevos en orificios de fácil identificación. Otros agentes que afectan a la especie, aún cuando el nivel de daño es mucho menor, son la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff) y Pissodes (*Pissodes validirostris*).

## PRODUCTIVIDAD

Entre los variados factores que determinan la producción de piñones se mencionan:

El límite inferior hídrico para una producción comercial de piñones es de 600 mm/año.

El valor promedio del rendimiento es un 4%; con 25 kg de piña se produce 1 kg de piñón blanco.

Si las piñas pesan menos de 250 g, baja su rendimiento, pero a mayor peso no se observan diferencias.

Si un año hay mucha producción de piña, baja la inducción de primordios florales, reduciendo la producción que se cosechará tres años más tarde. Las precipitaciones de octubre en Europa definen la diferenciación. La inducción floral se produce en junio, por lo que lluvias en ese periodo favorecen una abundante cosecha 3,5 años después.

Para reducir el añerismo se deberían suplementar nutrientes, ya que una gran producción estresa el árbol, reduciendo las próximas cosechas de piña.

Mientras mayor es el diámetro del brote del año, mayor es el número de flores femeninas.

El largo del brote depende de la precipitación de la primavera del año anterior, y el largo de las acículas de la precipitación del verano anterior.

### **Bosques Naturales**

En el centro de Italia la producción de piñas hace dos décadas alcanzaba 2.000 kg/ha, pero en la actualidad es casi nula. Adicionalmente, el rendimiento actual también es muy bajo, cercano al 0,5% (500 g de piñón blanco cada 1.000 kg de piñas) ya que las pocas piñas que completan su desarrollo tienen un piñón por bráctea en vez de los dos que se desarrollan en situaciones normales, a lo que se suma que la mayoría están vacíos.

En el norte de España (Cataluña) los rendimientos de piña a piñón blanco históricamente fluctuaban entre 3,5 y 4,2%, pero el año 2010 bajó a 2%, probablemente por la acción de *Leptoglossus occidentalis*. En el centro de España (Valladolid) los valores de productividad media alcanzan 200 kg de piña/ha, equivalentes a 700 piñas/ha.

En Portugal la productividad promedio es de 1.000 kg de piñas/ha.

### **Plantaciones sin Injertar**

En Portugal la producción de piñas en plantas sin injertar comienza a los 10 años, pero alcanza importancia económica recién a los 20 años. En ocasiones árboles grandes llegan a producir hasta 900 kg de piñas cada uno, siendo los rendimientos promedio a edad adulta de 500 piñas/árbol/año, equivalentes a 170 kg/árbol.

En Italia la producción comercial de piñones comienza a los 25 años, aunque los árboles empiezan a dar las primeras piñas a los 8 - 12 años (6 - 7 piñas/árbol). Antes de esa edad los árboles se dedican a establecer su sistema radicular. En el norte de Italia la productividad es de 3.500 kg de piña/ha.

Aunque no es habitual la plantación de la especie con fines madereros, se visitó una experiencia estatal en Portugal (Figura N° 4), que abarca 970 ha, de alrededor de 40 años, con una densidad de 300 árb/ha, con árboles rectos y muy poca producción de piñas. Produce 4 m<sup>3</sup>/ha/año de madera y se cosechan cuarteles de 22 ha. La madera se utiliza para embarcaciones, comercializándose en subastas públicas.



**Figura N° 4**  
**PLANTACIÓN ESTATAL CON FINES MADEREROS**

### **Plantaciones Injertadas**

En Portugal las plantas injertadas empiezan la producción a los 5 - 6 años; ya a los 8 años se alcanza una producción de 2.000 kg/ha, encontrándose individuos que tienen hasta 80 piñas/árbol, y hasta 14% de rendimiento.

### **PROCESAMIENTO DEL PIÑÓN**

El proceso de elaboración del piñón se observó en varias empresas y en este trabajo se lo sistematiza en dos tipos principales:

#### **Proceso Tradicional**

Es el procesamiento común en empresas medianas y pequeñas en toda el área de producción y considera básicamente:

Secado de piñas al sol, por tendido, en capas de una piña de altura, que sería de mejor calidad que el secado artificial.

Molienda de la piña y separación de componentes, obteniéndose piñón con cáscara y restos de piña.

Remojo del piñón con cáscara, cuya duración y temperatura del agua son variables según productor.

Partido mecánico del piñón con cáscara mediante un sistema de rodillos.

Separación del piñón con cutícula de las cáscaras mediante el uso de cribas.

Secado del piñón blanco, con diferentes programas según el productor; se alcanza un contenido de humedad final del 6%.

Eliminación de la cutícula por roce, haciendo rotar los piñones solos o mezclados con otros productos como harina de arroz de segunda.

Lavado opcional, ya que algunos clientes reportan pérdida de sabor. Cuando se lavan, se vuelven a secar con la misma técnica anterior.

Eliminación de residuos y productos defectuosos, clasificación que tradicionalmente se realizaba en forma manual y que actualmente se combina con el uso de maquinaria con células fotoeléctricas. El piñón blanco obtenido se repasa manualmente.

Desinfección con luz ultravioleta (UV), empleada a veces para finalizar el proceso.

Embalaje en sacos de 25 kg.

### **Proceso Industrial**

Es el proceso común en empresas medianas y grandes, y considera:

Secado artificial de la piña en cámara de calor.

Molienda de la piña y separación de los piñones con cáscara de los restos de piña.

Partido del piñón con cáscara. Los piñones pasan por un tubo con aire caliente, agrietándose la cubierta, para luego ser impulsados mediante aire comprimido contra una pared de acero donde la cáscara se parte con el golpe. Es el sistema más utilizado por ser más económico, por reducir las pérdidas por partido y por la menor manipulación del producto. Si se está trabajando con piñas recién cosechadas no es necesario mojar los piñones con cáscara, pero si se elaboran piñones a partir de piñas secas, resulta necesario su remojo.

Separación del piñón con cutícula de las cáscaras mediante el uso de cribas.

Secado del piñón blanco con cutícula, con diferentes programas hasta un 6%.

Eliminación de la cutícula utilizando métodos tradicionales.

Lavado de piñones de acuerdo a los requerimientos del cliente, después de lo cual se vuelven a secar con la misma técnica anterior. El lavado es opcional, como ya se indicó, según lo solicitado por los clientes. Si el piñón no se lava conserva un sabor más natural y posee mayor fragancia, aunque es más oscuro.

Cepillado para dar brillo a los piñones, mezclándolos con sémola, harina de arroz u otro similar.

Eliminación de residuos y productos defectuosos mediante el uso de maquinaria con células fotoeléctricas y un repaso manual final.

Desinfección con luz ultravioleta (UV), empleada a veces para finalizar el proceso.

Embalaje en sacos de 25 kg.

El piñón con cáscara puede conservarse en esa condición hasta 4 años. Los piñones tienen caducidad de un año si se conservan en lugar fresco y seco, a 10°C y hasta 40% de humedad, o en su defecto entre 12 y 18 meses a temperatura controlada de 7 - 8°C. La merma promedio durante el proceso de elaboración es cercana al 1% de la producción.

### **Subproductos de la Elaboración**

Se obtienen varios subproductos con valor comercial del proceso: Cáscara del piñón, Empleada para calefacción de casas o fábricas; Polvo y corazón de piña, comercializados juntos para biomasa; y brácteas de piña: Usadas como biomasa y para alimentar calderas.

## MERCADO DEL PIÑÓN

En este mercado la competencia fuerte es durante la compra de la piña, porque es la etapa que define la producción total anual de cada empresa. Resultan relevantes la producción, la gestión comercial y la especulación. Es un sector poco organizado y estructurado, y a la vez un segmento pequeño, muy limitado y por lo tanto sensible en cuanto a oferta y demanda. La mayoría de los involucrados en la cadena del piñón se dedican solo a este producto. Este mercado está también condicionado por otros productos, como los piñones de origen chino, ruso y pakistaní. Como la propiedad de los bosques es mayoritariamente pública, aunque también la hay privada, la forma de comercialización incluye subastas públicas, privadas, y venta directa.

### Productos

Más del 80% de los piñones corresponde a un tamaño medio (hasta aproximadamente 5,5 mm), y en general se venden sin discriminación por esta variable, aunque existen clientes interesados en todos los tamaños; por ejemplo en pastelería y aplicaciones similares se prefiere el piñón más pequeño, porque da la sensación visual de contener mayor cantidad. En todo caso las diferencias de precio son bastante reducidas, pagándose por los de mayor tamaño (5,5 a 8 mm) € 0,25 adicionales/kg.

Las empresas grandes, que emplean el método de elaboración industrial, en general comercializan dos categorías de tamaño (mediano y grande) y las empresas pequeñas y medianas, que generalmente usan el procesamiento tradicional ofrecen tres categorías (pequeño, grande y extra grande, categoría la última que no supera el 5% del total). Respecto a la calidad, en general existen dos categorías; piñón blanco de primera, comercializado a un precio medio de € 28/kg, y de segunda, partidos, comercializados a €20/kg para uso en pastelería.

### Producción

En España la producción diaria de una empresa pequeña es de 100 kg de piña/día. La mayor empresa del mundo procesó el año 2009, 20.000 t de piña, aunque la producción anual es variable.

### Demanda

Respecto de los tamaños, los piñones más pequeños y los de segunda, partidos, son más demandados por pastelerías, sobretodo en períodos relacionados a la elaboración de productos típicos de algunas fiestas (San Juan, Todos los Santos, otras) o períodos (Navidad) según los países. Por ejemplo, el 1 de noviembre en Cataluña se consumen los *panellets*, dulce típico de Todos los Santos, que es una bolita de mazapán recubierta con piñones y horneada; precisamente para esta fecha y con este objetivo, la empresa Puig vendió 50.000 kg de piñones durante septiembre y octubre del 2010.

### Comercio Exterior

Pocas empresas concentran el negocio del piñón a nivel mundial; la primera es Daniele Ciavolino e hijo (Roma, Italia), la segunda Frutos Secos Puig (Cataluña, España) y la tercera PICASA (Valladolid, España), que en su conjunto comercializan alrededor del 80% de la producción anual. Adicionalmente, hay numerosas entidades públicas y pequeñas y medianas empresas que operan en los diferentes niveles de la cadena productiva.

### Comercialización

La empresa Daniele Ciavolino e hijo, en Ardea, Roma, es el principal productor en Italia y Europa; posee varios depósitos en los países donde compra la piña, comenzando en Turquía para

luego seguir en España y Portugal, a medida que madura el fruto. En estos depósitos conserva el *stock*, para luego transportarlo en naves y elaborarlo en la planta de Ardea. En los países donde se abastece de materia prima (piñas) trabaja con intermediarios y empresas privadas, con las que negocia directamente y participa en subastas públicas. Las empresas de menor tamaño operan de forma similar.

Se visitó dos entidades públicas que comercializan piñones, que operan estimando y licitando la producción en pie. En ciertas ocasiones se ha verificado que los compradores controlen el precio no presentándose a las licitaciones públicas, las que se declaran desiertas, obteniéndose un precio final inferior.

En Italia ha disminuido significativamente la producción de piñones, transformándose en un problema para la cadena productiva. En España la superficie de bosques públicos es importante. Según los productores es un mercado en el cual opera el robo de piñas en niveles altos, por lo que se está avanzando en una legislación que obligue a tener permiso del propietario para cosechar, como ocurre en Valladolid, esquema que ha logrado controlar parcialmente el problema.

El recurso es subastado anualmente; las empresas que se adjudican una subasta corren el riesgo de ver mermada la producción después de la adjudicación producto de los robos, especialmente cerca de centros poblados. En las subastas se paga por adelantado, por lo que el riesgo de la inversión es muy alto. En algunos casos, como actualmente en Valladolid, adicionalmente se debe depositar una garantía para asegurar que no se dañará el bosque, equivalente a un 10%.

La renta media en los bosques subastados es de € 40-60/ha, según el nivel de producción. La adjudicación se produce 1 - 2 semanas después de la recepción de ofertas, proceso en el que participan 6 a 10 postulantes. El precio final de la materia prima es 2 a 7 veces superior al precio mínimo establecido, siendo la media 5.

En España no se vende cuantificando la producción colectada real. Los postores trabajan en forma independiente y no se asocian en forma permanente, sino que ocasionalmente constituyen Uniones Temporales de Empresas (UTE) para aventajarse en transacciones específicas. La empresa Frutos Secos Puig, la primera en España y segunda a nivel mundial, tiene plantas en Portugal y en varias localidades del país. Se visitó una empresa mediana de carácter familiar, que vende piñas, piñón con cáscara y piñón blanco, cuenta con varios puntos de acopio y bosques, y procesa 2.000 t de piña anualmente, a lo que se suma la venta anual de 50.000 kg de piña. Las Lonjas de Reus y de Barcelona, aun cuando formalmente entregan precios, no inciden en la fijación de precios de las subastas.

### **Características de los Consumidores**

Los países de mayor consumo de piñones son Italia, donde es empleado en gastronomía tradicional cotidianamente; España, donde se usa mayormente en ciertas zonas y periodos del año, en aplicaciones gastronómicas específicas; y Portugal, con un consumo más limitado. En los países árabes también es utilizado regularmente en platos típicos.

### **Formatos de Venta**

Se realizó un recorrido por negocios de las principales ciudades de los países visitados, recogiendo información sobre piñones y productos que lo contienen, formatos de presentación y precios. Los productores en general comercializan el piñón al por mayor en sacos plásticos o de fibra natural de 25 kg, en *Big Bags* de 800 kg para algunos clientes que los solicitan (exclusivamente para exportar), en cajas de cartón de 10-12 kg y en latas de 12,5 kg. La venta a público se realiza en diversos formatos, que incluyen desde cajitas, *sachets* y frascos de vidrio a partir de 10 g y hasta 1 kg. En mercados los piñones en general se comercializan a granel.

Las diferentes presentaciones a consumidor final en supermercados dependen de la sección en que se ofrecen; entre los condimentos es común encontrarlos en frascos de vidrio y cajas de una dosis (generalmente 20 - 40 g), mientras que en la sección de frutos secos se presentan en *sachets* y cajas de mayor contenido. Los productos elaborados con piñón se presentan de diferente forma; salsas (pesto) en general en frascos de vidrio; turrone en cajas de cartón; otros productos dulces en diferentes formatos de presentación según sus características.

### Productos Competidores

El principal producto competidor para el piñón mediterráneo es el piñón chino (*Pinus koraiensis*), reconocido por sus propiedades organolépticas inferiores y antecedentes alergénicos. No obstante lo anterior, la diferencia significativa de precio entre ambos productos, unido al desconocimiento del consumidor medio de las diferencias visuales entre ambos, ha permitido su posicionamiento en el mercado europeo, donde algunos productores han tratado de aunar esfuerzos para enfrentar el ingreso del piñón chino, de precio considerablemente inferior, pero no lo han conseguido. El piñón mediterráneo es comprado a € 20/kg al productor y el distribuidor lo vende a € 30/Kg, en cambio el piñón chino es importado a € 6 - 8/kg y vendido a público a € 25/Kg, por lo que su margen de ganancia es mucho mayor a pesar de las diferencias de calidad.

### Costos de Producción

Los antecedentes recopilados de costos de elaboración, considerando un precio de venta a público (PVP) de € 38,5/kg corresponden a:

Producción	16,9%
Cosecha	12,7%
Transporte y despiñado	4,4%
Elaboración del piñón	1,6%
Almacenamiento en origen	1,6%
Almacenamiento en destino	4,7%
Detallista	50,6%
Impuestos (IVA)	7,5%.

El precio de la piña al principio de la temporada es más bajo, porque después va perdiendo peso y el piñón está más maduro. El precio más representativo es el de enero. En Italia en bosques adultos de elevada productividad, cada quintal de piña produce 4 kg de piñón blanco, a un precio medio de € 25/kg, son € 100, lo que da un total de € 3.500/ha de ingresos. En general usan cosecha mecanizada, la que se completa posteriormente con un repaso, del cual se pueden sacar hasta 30 quintales adicionales.

### Precios

El precio del piñón es definido por el mercado, cotizándose las piñas incluso antes del inicio de la campaña de cosecha, que se verifica entre noviembre y abril. Este precio varía también durante la temporada, tanto debido al peso de la piña, que va disminuyendo a medida que pasa el tiempo, como a factores productivos (calidad), u otros de mercado.

En Turquía hasta hace 3 - 4 años se compraba la piña a precios competitivos, de hecho establecía el precio que después era tomado por el resto de los países, pero desde el año 2010 los precios allí han sido más elevados que en Italia, España y Portugal, probablemente debido a la ausencia del *Leptoglossus occidentalis*.

Rangos de precios de diferentes productos observados en los países visitados se presentan en el Cuadro N° 1.

**Cuadro N° 1**  
**PRECIOS DE PIÑAS Y PIÑONES DE *P. pinea*, AÑO 2010**

Producto	Italia	España	Portugal
	(€/Kg)		
Piñas	0,5 - 0,55	0,3 - 0,8	0,6
Piñón con cáscara	5,5	5 - 5,5	5 - 5,5
Piñón blanco a granel en fábrica (mayorista)	25 - 35	20 - 30	20 - 30
Piñón blanco a granel en comercio (consumidor)	30 - 50	42	50
Piñón blanco a consumidor envasado en formato pequeño	50 - 110	56 - 1 32	35 - 131

### **Estándares de Calidad para el Comercio Internacional de Piñones**

No existen normas específicas que regulen el comercio de los piñones de *Pinus pinea*. La carencia de diferenciación por especie en el código aduanero y alimentario constituye una importante dificultad para determinar tanto el origen como la especie, impidiendo la trazabilidad del producto. Habitualmente se aplican sólo dos regulaciones alimentarias europeas generales:

Reglamento Europeo N° 178/2002, del 28 de enero de 2002, que establece principios y prescripciones relativas a la legislación alimentaria, crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y fija procedimientos relativos a la inocuidad de los alimentos;

Reglamento Europeo N° 882/2004, del 29 de abril de 2004, sobre controles oficiales para garantizar la verificación del cumplimiento de la legislación sobre alimentos, y de salud y bienestar animal.

Existe sólo una norma específica aplicada al control de calidad comercial de piñas y piñones de *Pinus pinea* dictada en Castilla y León, España, el año 2008 y actualizada en Agosto de 2011 (orden AYG/1066/2011), que regula el procedimiento de acreditación de la trazabilidad en la producción, transformación y distribución de piñas y piñones en Castilla y León, y que por lo tanto es aplicable solo en dicha comunidad.

En España, dada la magnitud del comercio informal y el incumplimiento de los requisitos legales vigentes para el etiquetado de los alimentos y su trazabilidad, se está comenzando a trabajar en la definición de un sistema para corregir estas falencias, a través de un trabajo conjunto entre instituciones, productores individuales y organizados, e industrias elaboradoras de piñón blanco.

### **CONCLUSIONES**

Las principales conclusiones generadas a partir de las visitas realizadas, incluyendo aspectos de la realidad europea y chilena son:

Tanto en España como en Portugal existen asociaciones que buscan representar y defender los intereses de propietarios de bosques, considerando sus funciones económicas, sociales y ambientales. En algunos casos proporcionan material genético seleccionado (púas para

injertos) para garantizar una mejor producción. Este tipo de organizaciones podrían replicarse en Chile para potenciar el desarrollo del cultivo.

La especie en Europa está afectada por una plaga severa que ha provocado una merma significativa en la producción mundial de piñones y se prevé que la seguirá afectando en forma progresiva. En Chile no se han detectado problemas sanitarios, existiendo barreras naturales y legales que limitan el ingreso de plagas.

Existe interés en Europa por identificar plantaciones y lugares para su cultivo y abastecimiento. Cabe notar que en los tres países visitados empresas de diferentes tamaños manifestaron su intención de asociarse con productores chilenos para invertir en plantaciones de la especie (en superficies de hasta 20.000 ha), comprar materia prima, o instalar plantas procesadoras de piñas producidas en Chile.

En particular, uno de los productores más relevantes a nivel mundial está interesado en hacer contratos de largo plazo (30 años) que aseguren la compra a precio de mercado, estando abierto a desarrollar algún sistema que interese a productores chilenos.

El éxito de su comercialización no dependería de la calidad del piñón producido en Chile sino de otros factores, ya que las muestras del producto tuvieron una aceptación positiva.

Existe una coyuntura a nivel mundial que genera una oportunidad para el cultivo de la especie en Chile y para su incorporación al mercado mundial de piñones, debido a que en este país la especie crece muy bien, la calidad de los piñones cosechados es comparable a los de su lugar de origen, no presenta problemas sanitarios, y existe una significativa superficie apta para su cultivo. Adicionalmente, en Chile existen propietarios en busca de alternativas productivas novedosas y rentables, y en Europa existen algunos inversionistas dispuestos a asociarse para producir en estas latitudes. Finalmente, hay empresas europeas dispuestas a comprar el producto en forma inmediata.

## REFERENCIAS

**Dominguez, J., 2011.** Estudio de producción de piñas y sus daños y la chinche del pino *Leptoglossus occidentalis* en Castilla y León. Encuentro Internacional sobre Plagas que afectan a la piña del Pino Piñonero (*Pinus pinea*). Matapozuelos (Valladolid), 30 de noviembre de 2011.

**Calado, N., 2011.** Pine nut market: Portuguese perspective. Agropine 2011 International meeting on Mediterranean stone pine for Agroforestry. Valladolid-Spain, 17-19 November 2011.

**Roversi, P.; Strong, W.; Caleca, V.; Maltese, M.; Sabbatini Peverieri G.; Marianelli, L.; Marzial, L.; and Strangi, A., 2011.** Introduction into Italy of *Gryon pennsylvanicum* (Ashmead), an egg parasitoid of the alien invasive bug *Leptoglossus occidentalis* Heidemann. EPPO Bulletin Vol. 41 (1): 72–75, Abril 2011.

## RESUMEN

Chile es un país que sufre con cierta frecuencia grandes sismos, cuyos desastrosos efectos se suelen multiplicar cuando son seguidos de maremotos o tsunamis. En el siglo pasado se registraron grandes eventos sísmicos en los años 1906 en Valparaíso, 1939 en Chillán, 1960 en Concepción y Valdivia y 1985 en Santiago, además de varios otros algo menores, y el presente siglo ya registra uno de gran intensidad en 2010 que afectó una importante zona del país entre las regiones de Valparaíso y Bio Bio.

No existe forma de prever estas catástrofes, solo prevenirlas mediante construcciones asísmicas en el caso de los terremotos y regulaciones de uso, planes de contingencia y medidas de mitigación en el borde costero en el caso de los tsunamis.

En su rol de institución de investigación y desarrollo del Ministerio de Agricultura, el Instituto Forestal inició una investigación orientada a estudiar los potenciales efectos positivos de bosques costeros establecidos para disminuir las pérdidas de vidas humanas y mitigar los daños sobre obras civiles, viviendas, empresas e industrias, terrenos agrícolas y urbanos frente a eventos marinos como el reciente tsunami que siguió al fuerte terremoto que afectó a gran parte del país a principios del año 2010.

Esta investigación se realiza en el marco del proyecto financiado por INNOVA Chile *Fortalecimiento de las condiciones habilitantes por medio de la prevención y mitigación de daños debido a catástrofes oceánicas, a través del establecimiento de barreras vegetales en el borde costero de las regiones de Maule y Bio Bio*, adjudicado a INFOR en el Concurso de Bienes Públicos para la Innovación y Fortalecimiento de Capacidades para la Reconstrucción 2010.

La propuesta en desarrollo por INFOR considera el estudio de los aspectos técnicos para el diseño y establecimiento de bosques, como especies a emplear, densidad, plantación y otros, pero existen también aspectos de carácter administrativo y legal que es necesario revisar. En el presente trabajo se realiza un análisis acerca de bajo qué normativa legal se deberían establecer este tipo de estructuras vegetales.

Lo anterior tiene mucha importancia al momento de definir quién se hace cargo de la mantención y/o administración de estas barreras vegetales una vez establecidas. Ello implica la búsqueda y análisis de la información y normas existentes para su aplicación en el país y la necesaria identificación de los organismos del Estado relacionados con el uso del Borde Costero y su Planificación Territorial, tanto en el ámbito nacional como en el regional.

La Política Nacional de Uso del Borde Costero señala que la importancia de este espacio radica en que constituye "la continuidad natural y el vínculo de integración de partes sustantivas del territorio nacional, como son el terrestre y el oceánico". El borde costero permite múltiples usos, por lo que es fundamental definir la mejor forma de emplearlo a fin de propender a un mejor aprovechamiento de los recursos que de este espacio se generan.

---

<sup>19</sup> Trabajo elaborado en el marco del proyecto financiado por INNOVA Chile de CORFO Fortalecimiento de las condiciones habilitantes por medio de la prevención y mitigación de daños debido a catástrofes oceánicas, a través del establecimiento de barreras vegetales en el borde costero de las Regiones de Maule y Bio Bio.

Dado lo anterior, se realizó un trabajo que en su primera parte, intenta determinar cuáles son las autoridades con competencia sobre el borde costero o su territorio adyacente, para posteriormente, en una segunda parte, señalar las distintas posibilidades de administración, pública o privada, de este territorio costero, teniendo presente las directrices o políticas que existen en esta materia. Estos antecedentes, entre otros, servirán para los planificadores territoriales y organismos relacionados, como un insumo más de cualquier plan de mitigación de desastres oceánicos que se defina implementar en el país.

El trabajo entrega una primera aproximación a este importante tema y necesariamente debe ser continuamente actualizada y consensuada con Municipalidades y otros organismos del Estado, como Intendencias, Consejos Regionales de Uso del Borde Costero, la Corporación Nacional Forestal, y los Ministerios de Vivienda, Obras Públicas y Agricultura, entre otras entidades.

## SUMMARY

Chile is a seismic country and from time to time suffers great earthquakes which disastrous effects are multiplied usually when are followed by a seaquakes or tsunamis. During the last century big events were registered in 1906 in Valparaíso, 1939 in Chillán, 1960 in Concepción and Valdivia and 1985 in Santiago, and the present century already registers a big one in 2010 affecting an important part of the country between Valparaiso and Bio Bio Regions.

It is not possible to foresee these kinds of disasters, only to prevent it through earthquake-resistant housing and constructions, and soil use regulations, emergency plans and mitigating measures in seaside.

Accordingly to his role as research and development institution of the Agriculture Ministry, the Chilean Forestry Institute is carrying out a research project to study the potential benefic effect of coastal forests established to reduce the human losses and to mitigate the damages over public works, houses, industries and agriculture lands originated because of seaquakes like that following the severe earthquake suffered by the country on 2010.

The mentioned research is developed under the *Seaquakes damages mitigation through the establishment of coastal forests in the Maule and Bio Bio regions seaside* project framework, financed by INNOVA Chile and assigned to INFOR in a recent *Public goods for innovation and capacity strengthening for reconstruction 2010* selection process.

The project considers the technical aspects study of the coastal forests design and establishment, including species, density, plantation and others, but also administrative and legal matters involved on that.

This paper includes a brief analysis about the legal and administrative framework under which the coastal forests could be established, because an important definition is who will later maintain and administrate those vegetal barriers. The work involves the review of the current normative and the identification of the State entities with responsibilities on the use and management of the seaside, both in the national and regional level.

The national seaside use policy points out that the seaside area importance is to constitute the natural continuity and the integration link between substantive parts of the national territory, being the land and the ocean. The seaside allows a number of uses, so it is of high importance to define an appropriate way to use it in order to propitiate the better return from the resources generated from that space of the territory.

A review was done trying to state first which are the authorities and institutions with competence on the seaside and the adjacent territory, and second to identify the administration public and private possibilities of it in due accordance to the current regulations and policies administration on the matter. Among other, this information would be useful to planers and related organisms to feed the seaquakes mitigation plans to be implemented in the country.

This paper is a first approach to this important subject and necessarily has to be updated and a consensus has to be reached with Municipalities and other State entities like Regional Governments, Regional Councils and the Housing, Public Works and Agriculture Ministries, within others.

## **INTRODUCCIÓN**

Chile dispone de aproximadamente 4.300 kilómetros de costa sobre el océano Pacífico, situación que le proporciona grandes y variados enormes beneficios económicos, ambientales y de turismo y esparcimiento.

No obstante, el territorio nacional se encuentra en la una de las zonas de subducción de placas tectónicas más importantes del mundo, donde la presión de la Placa de Nazca por debajo de la Placa Sudamericana en el Pacífico oriental acumula enormes tensiones que cada cierto tiempo se liberan generando sismos y, dependiendo de la intensidad de estos y la ubicación y profundidad de sus epicentros, eventuales maremotos o tsunamis.

La situación descrita ha conducido a que en general en materia de construcción y obras públicas en el país se empleen técnicas y diseños asísmicos y respecto del borde costero obliga a una regulación de su uso, un permanente estudio de las áreas inundables en situación de maremotos y planes de evacuación en caso de producirse estos eventos, además de buscar y estudiar todas las medidas posibles de mitigación de sus efectos.

Las graves consecuencias del terremoto y tsunami que afectó a varias regiones del país en febrero de 2010, han puesto en especial relieve una vez más que se hace necesario intervenir algunas zonas del borde costero, principalmente aquellas áreas pobladas, y realizar obras que ayuden a mitigar o evitar las desastrosas consecuencias, humanas y económicas, que la entrada del mar produce en ellas.

Para comprender correctamente y acotar el territorio objeto de estudio, es necesario indicar, como punto de partida, que el art. 589 del Código Civil señala que se llaman bienes nacionales aquellos cuyo dominio pertenece a la nación toda. Si además su uso pertenece a todos los habitantes de la nación, como el mar adyacente y sus playas, se llaman bienes nacionales de uso público o bienes públicos.

Asimismo, el art. 594 del mismo Código Civil, define poéticamente la playa de mar, señalando que se trata de "la extensión de tierra que las olas bañan y desocupan alternativamente hasta donde llegan en las más altas mareas."

Por su parte, la Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República, PNUBC, ha definido como borde costero del litoral, "aquella franja de territorio que comprende los terrenos de playa fiscales situados en el litoral, la playa, las bahías, golfos, estrechos y canales interiores, y el mar territorial de la República, que se encuentren sujetos al control, fiscalización y supervigilancia del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina".

Respecto del ancho de esta franja, se distinguen dos situaciones:

- i) Frente a predios privados** el borde costero abarca el mar territorial hasta la línea de las más alta marea (lo que incluye la superficie de la denominada “playa de mar” entre las líneas de la más alta y la más baja marea).
  
- ii) Frente a predios públicos**, el borde costero abarca el mar territorial hasta la línea de más alta marea, lo que incluye la superficie de la denominada “playa de mar” entre las líneas de la más alta y la más baja marea, más las áreas de protección para menesteres de la pesca, incorporadas en los terrenos de playa y 80 metros de playa sobre la línea de más alta marea.

Señala la misma PNUBC que la importancia de este espacio radica en que constituye “la continuidad natural y el vínculo de integración de partes sustantivas del territorio nacional, como son el terrestre y el oceánico”.

El borde costero permite múltiples usos, por lo que es fundamental definir la mejor forma de emplearlo a fin de propender a un adecuado aprovechamiento de los recursos que de este espacio se generan.

En el presente trabajo, en una primera parte, se intentará determinar cuáles son las autoridades con competencia sobre el borde costero o su territorio adyacente, para posteriormente, en una segunda parte, señalar las distintas posibilidades de administración, pública o privada, de este territorio costero, teniendo presente las directrices o políticas que deberán tenerse siempre presente en esta materia.

## **AUTORIDADES COMPETENTES**

A fin de determinar las autoridades competentes sobre el borde costero, es necesario analizar variada legislación relativa a la organización administrativa interna del país.

### **Municipalidades**

El art. 1 de la Ley 18.695, Orgánica Constitucional de Municipalidades, establece que “las municipalidades son corporaciones autónomas de derecho público, con personalidad jurídica y patrimonio propio, cuya finalidad es satisfacer las necesidades de la comunidad local y asegurar su participación en el progreso económico, social y cultural de las respectivas comunas.”

A fin de dar cumplimiento a sus fines, la propia ley le entrega a las municipalidades, ciertas competencias privativas y otras competencias compartidas con otros órganos del Estado.

Así, el art. 3 de la misma ley establece como funciones privativas de las municipalidades, entre otras, elaborar, aprobar y modificar el plan comunal de desarrollo cuya aplicación deberá armonizar con los planes regionales y nacionales; la planificación y regulación de la comuna y la confección del plan regulador comunal; y el aseo y ornato de la comuna.

Por su parte, el art. 4 de la misma ley establece como funciones de las municipalidades, compartidas con otros órganos de la administración del Estado, entre otras, la salud pública y la protección del medio ambiente; la prevención de riesgos; el apoyo y el fomento de medidas de prevención en materia de seguridad ciudadana y colaborar en su implementación.

Sin perjuicio de lo recién expuesto, la planificación y gestión del borde costero de la comuna no están explícitamente señaladas como parte de sus atribuciones, no obstante la evidencia en cuanto a que el borde costero es parte integrante del territorio comunal.

De todos modos, la intervención de la municipalidad en la administración del borde costero es posible y se fundamenta en la normativa general recién expuesta.

## **Ministerio de Defensa**

La Ley sobre Concesiones Marítimas establece en su art. 3 que “es facultad privativa del Ministerio de Defensa conceder el uso particular, en cualquier forma, de las playas, terrenos de playa, fondos de mar, porciones de agua y rocas, dentro y fuera de las bahías.”

De esta manera, determinar algún uso específico del borde costero es competencia del Ministerio de Defensa, a través del otorgamiento de concesiones, las cuales consisten en el otorgamiento de un derecho de explotación por un lapso de tiempo determinado de bienes y servicios por parte del Estado a Municipalidades o a una empresa, generalmente privada.

La municipalidad, por su parte, debe entregar su conformidad a la entrega de una concesión en particular, aunque este procedimiento constituye un mero requisito administrativo para el interesado.

En este mismo sentido, se debe tener presente el D.L. 1.939 de 1977, que fija normas sobre adquisición, administración y disposición de bienes del Estado, señala que la Subsecretaría de Marina del Ministerio de Defensa Nacional será la encargada de administrar la faja de terreno de 80 metros de ancho medidos desde la línea de más alta marea de la costa del litoral. Dicha norma es la que señala el procedimiento para otorgar concesiones de uso o las restricciones existentes en relación a la propiedad de esta faja de tierra.

## **DIRECTRICES SOBRE USO DE BORDE COSTERO**

En este punto se debe tener presente el Decreto Supremo N° 475, publicado el día 11 de enero de 1995, del Ministerio de Defensa Nacional, que establece una Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República, y crea la Comisión Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral.

Entre los objetivos generales de la Política de Uso del Borde Costero se encuentra el “propender a la protección y conservación del medio ambiente marino, terrestre y aéreo, acorde con las necesidades de desarrollo y las demás políticas fijadas sobre tales materias”.

En el mismo sentido, uno de los compromisos de la Política Ambiental de Gobierno se refiere a establecer una estrategia de desarrollo sustentable del territorio, de modo de introducir consideraciones ambientales en los instrumentos existentes, en particular Planes Reguladores, Planes Intercomunales y Planes de Desarrollo Regional y Borde Costero.

Al mismo tiempo, la Ley crea la Comisión Nacional de Uso de Borde Costero del Litoral, cuya función principal será la de proponer al Presidente de la República acciones que impulsen la Política de Uso del Borde Costero. Tendrá además la función de “proponer una zonificación de los diversos espacios que conforman el Borde Costero del Litoral de la República”.

La zonificación del borde costero es una herramienta complementaria a la planificación y gestión territorial, ya que se integra a nivel comunal con los planes reguladores y planes de desarrollo comunal, y a nivel regional con la Estrategia Regional de Desarrollo y el Plan Regional de Desarrollo Urbano y Territorial.

En virtud de lo recién expuesto, el Ministerio del Interior, mediante el Oficio Circular N° 281 de 17 de febrero de 1997, instruyó a todas las regiones del país realizar los respectivos estudios de zonificación del borde costero.

En cumplimiento de lo ordenado por el Ministerio del Interior, diversas regiones del país han trabajado o se encuentran trabajando en la zonificación de su borde costero, tanto a nivel regional como local. A modo de ejemplo, en 1997 se creó en la Región del Bio Bio la Comisión Regional de Uso de Borde Costero.

Lo dicho en relación a la zonificación del borde costero, en cuanto viene a integrar y complementar los planes de ordenamiento territorial, comunales o regionales, se encuentra reforzado por lo expuesto en el artículo 1.1.2 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, en cuanto define “zona de protección costera” como un “área de tierra firme de ancho variable, de una extensión mínima de 80 metros medidos desde la línea de la playa, en la que se establecen condiciones especiales para el uso del suelo, con el objeto de asegurar el ecosistema de la zona costera y de prevenir y controlar su deterioro”.

Esta “zona de protección costera” de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción coincide o se superpone con la franja de 80 metros de competencia de la Subsecretaría de Marina, en caso que el terreno adyacente a la playa de mar sea un bien nacional de uso público.

Así, será la Subsecretaría la que se encarga de la administración de esta porción del territorio, teniendo presente siempre la Política Nacional de Uso del Borde costero, y las condiciones especiales para su uso que determine la circunstancia de tratarse, al mismo tiempo, de una zona de protección costera.

## **CONCLUSIONES**

En principio, y desde un punto de vista práctico, será la Municipalidad la que, haciendo uso de sus facultades privativas (tales como la planificación territorial y el aseo y ornato del territorio de su comuna) y/o haciendo uso de las facultades compartidas con otros órganos del Estado (tal como la prevención de riesgos) tendrá la misión de administrar el borde costero que corresponde al territorio de su comuna. Ello por la naturaleza de sus funciones y la obvia cercanía con su propio territorio.

Sin perjuicio de lo anterior, existe la posibilidad que la Subsecretaría de Marina del Ministerio de Defensa Nacional, haciendo uso de sus facultades legales de administración sobre la faja de terreno de 80 metros de ancho medidos desde la línea de más alta marea de la costa del litoral, entregue en concesión a privados la administración de una porción de este espacio de terreno para la realización determinadas actividades, sea a la misma Municipalidad o a un privado interesado en realizar alguna actividad económica.

Al momento de entregar una porción de terreno en concesión se deberá tener presente la calidad de “zona de protección costera” de ese territorio, para efectos de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción” y la Política Nacional o Regional de Uso del Borde Costero.

Lo ideal es que siempre exista el correspondiente acuerdo o coordinación entre todos estos organismos o entre la Subsecretaría de Marina del Ministerio de Defensa Nacional (a través de las respectivas Gobernaciones Marítimas) y el privado interesado. Este acuerdo debe plasmarse en la concesión respectiva, a fin de determinar las responsabilidades que a cada uno le corresponde en la administración del borde costero o porción de él.

Ahora, el terreno ubicado más allá de la faja de 80 metros de competencia de la Subsecretaría de Marina podrá ser privado o un bien nacional de uso público, en cuyo caso, de ubicarse un bosque de mitigación en esta zona, indiscutiblemente su administración será de competencia de la respectiva municipalidad, sin perjuicio de la necesaria coordinación con otros órganos del Estado, tal como el Ministerio de Medio Ambiente, en caso que dicho bosque tenga por finalidad la protección del medio ambiente de la comuna; o con la Corporación Nacional Forestal, para la implementación programas de silvicultura o arborización urbana.

En todo caso, sea la Municipalidad o algún privado quien administre el borde costero o alguna porción de él, deberá sujetarse y someterse a los lineamientos fijados por la Política Nacional de Uso del Borde Costero, a los Planes Regionales y/o comunales de uso del borde costero, en caso que estos últimos se encuentren vigentes.



## REGLAMENTO DE PUBLICACION

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

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

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

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

## ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

### Artículos

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

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

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

**Introducción:** Como lo dice el título, este punto está destinado a introducir el tema, describir lo que se quiere resolver o aquello en lo que se necesita avanzar en materia de información, proporcionar antecedentes generales necesarios para el desarrollo o

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

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

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

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

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

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

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

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

## Apuntes

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

## PRESENTACION DE LOS TRABAJOS

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

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

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

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

---

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

---

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

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

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

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

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

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

En referencias:

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

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

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

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

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

Abreviaturas, magnitudes y unidades deben estar atentas a la Norma NCh 30 del Instituto Nacional de Normalización (INN). Se empleará en todo caso el sistema métrico decimal. Al respecto es conveniente recordar que la unidades se abrevian en minúsculas, sin punto, con la excepción de litro (L) y de aquellas que provienen de apellidos de personas como grados Celsius (°C). Algunas unidades de uso muy frecuente: metro, que debe ser abreviado **m**, metro cúbico **m<sup>3</sup>**, metro ruma **mr**; o hectáreas **ha**.

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

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

## ENVIO DE TRABAJOS

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

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

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

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





# CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL

ARTICULOS	PÁGINAS
PRODUCTIVIDAD DE UNA PRADERA NATURAL MEJORADA BAJO LA INFLUENCIA DE SISTEMAS SILVOPASTORALES CON <i>Pinus contorta</i> EN RELACION A UNA SITUACIÓN DE MANEJO GANADERO SIN ÁRBOLES. <b>Sotomayor Alvaro, Teuber Osvaldo, Moya Ivan, Patricio Almonacid. Chile.</b>	7
ESTIMACIÓN DE LA TOXICIDAD DE BIOPRESERVANTES TÁNICOS SOBRE HONGOS XILÓFAGOS. <b>Murace, Mónica; Spavento, Eleana; Luna, María Luján y Keil, Gabriel. Argentina.</b>	33
EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS DE EXPORTACIÓN DE CELULOSA DE PINO RADIATA CHILENA (1990 – 2008). <b>Christian Ramos Ramírez , Mauricio Ponce-Donoso. Chile.</b>	45
MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE LA PRADERA A TRAVÉS DEL MANEJO SILVOPASTORIL EN LOS BOSQUES DE ÑIRRE EN MAGALLANES. <b>H. Schmidt, A. Olivares. C. Silva, T. Osses y A. Schmidt. Chile.</b>	67
<b>APUNTES</b>	
APUNTES SOBRE UNA GIRA DE ESTUDIO SOBRE EL PIÑÓN DEL PINO PIÑONERO ( <i>Pinus pinea</i> ) A ITALIA, ESPAÑA Y PORTUGAL. <b>Verónica Loewe M y Marlene González G. Chile.</b>	77
NORMATIVA LEGAL SOBRE USO DEL BORDE COSTERO. <b>Juan Carlos Pinilla Suárez y Felipe Lobo Quilodran. Chile.</b>	93
REGLAMENTO DE PUBLICACIÓN	101

