

Volumen 19 N° 1  
Abril 2013

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

# CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL



**INSTITUTO FORESTAL  
CHILE**





**VOLUMEN 19 N° 1**

**CIENCIA E  
INVESTIGACION  
FORESTAL**

**ABRIL 2013**

**INSTITUTO FORESTAL  
CHILE**



---

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

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

---

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

---

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

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

---



# EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLANTACIONES DENDROENERGÉTICAS DE *Eucalyptus globulus*, SEGÚN DENSIDAD DE PLANTACIÓN Y TURNO DE ROTACION EN SUELOS CONTRASTANTES DE LA REGIÓN DEL BIO BIO, CHILE.

Rodríguez, A.<sup>1</sup>; Cancino, J.<sup>1</sup>; Acuña, E.<sup>1</sup>; Rubilar, R.<sup>1,2</sup> y Muñoz, F.<sup>1</sup>

## RESUMEN

En Chile la oferta de recursos naturales no renovables no alcanza a abastecer el mercado energético interno, incrementando el costo de los sistemas de producción dada la variabilidad del precio de los combustibles fósiles en el mercado internacional.

La implementación de alternativas como es el caso de las energías renovables a través de las plantaciones dendroenergéticas, incentiva la oferta de biomasa en la contribución a la matriz energética primaria de Chile, sin embargo, la información del crecimiento y rendimiento de estas plantaciones del alta densidad en Chile, continua siendo escasa y fragmentada, más aún, cuando éstas son sensibles a la especie, la densidad de plantación, turno de rotación y tipo de suelo. Para elegir la especie a establecer se debe entender su relación suelo-planta, la fenología en términos del crecimiento vegetativo, la exigencia nutricional, como la resistencia a estreses de tipo biótico y abióticos.

El objetivo general de esta investigación se centró en evaluar la productividad en biomasa de plantaciones dendroenergéticas de *Eucalyptus globulus*. La evaluación del crecimiento en biomasa se obtiene de un diseño aleatorio en arreglo factorial, donde se evalúa el turno de rotación (24, 36 o 48 meses), la densidad de plantación (5.000, 10.000 y 15.000 arb/ha) y el tipo de suelo (arenales, sedimentos marinos ó trumaos), monitoreando los horizontes orgánicos y minerales, para evaluar la sustentabilidad nutricional del sitio.

En el trabajo se expone resultados preliminares de ensayos establecidos en el 2010 de *E. globulus*, el cual comprende los primeros 24 meses de establecimiento. El *E. globulus* independiente de la densidad nominal (5.000, 10.000 o 15.000 arb/ha) produce la misma cantidad de biomasa por tipo de suelo, aun cuando se presentan algunas moderadas diferencias en área basal.

En consideración, debido a los altos costos de establecimiento que conllevan plantaciones de 10.000 y 15.000 arb/ha, más la alta mortalidad presente en este último, con plantaciones de 5.000 arb/ha se obtendría una cantidad de biomasa que no se diferenciaría estadísticamente de las anteriores, tanto en suelos arenales como en sedimentos marinos. Sin embargo, en suelos trumaos una densidad de 10.000 arb/ha presentaría la misma productividad que la de 15.000 arb/ha, y a su vez presenta una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) en contraste a lo obtenido a una densidad de plantación de 5.000 arb/ha.

Palabras clave: Silvicultura de plantaciones, biocombustibles de segunda generación

---

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, Laboratorio de Biomasa y Bioenergía, Universidad de Concepción, Chile. jrodriguez@udec.cl

<sup>2</sup> Cooperativa de Productividad Forestal, Universidad de Concepción, Laboratorio de Nutrición y Productividad Forestal, Universidad de Concepción, Concepción. Chile.

## SUMMARY

In Chile the supply of non-renewable natural resources is not enough to supply the internal energy market, increasing the cost of production systems due to variability of fossil fuel prices in the international market.

The implementation of alternatives such as renewable energy through unconventional wood energy plantations biomass supply incentives in contributing to primary energy matrix Chile, however, the growth and yield information of these high density plantations in Chile remains weak and fragmented, especially when they are sensitive to the species, planting density, rotation length and soil type. To choose the species to establish one must understand the phenology in terms of vegetative growth, nutritional requirement, such as resistance to biotic stresses and abiotic type.

The overall objective of this research is focused on evaluating the biomass productivity of *Eucalyptus globulus* wood energy plantations. Evaluation of growth in biomass is obtained from a randomized factorial arrangement, which assesses the shift rotation (24, 36 or 48 months), planting density (5,000, 10,000 and 15,000 trees/ha) and soil type (sand, marine sediments or clays), monitoring organic and mineral horizons, to assess the nutritional sustainability of the site.

In the current paper presents preliminary results of the tests laid down in 2010 by *E. globulus*, which comprises the first 24 months of establishment. From where *E. globulus* independent of the nominal density (5,000, 10,000 or 15,000 trees/ha) produces the same amount of biomass on soil type, even though they show some modest differences in basal area.

In consideration, due to the high costs involved in establishing plantations of 10,000 and 15,000 trees/ha, plus the high mortality present in the latter, with plantation of 5,000 trees/ha would get an amount of biomass not differ statistically of the above, both in sandy soils and in marine sediments. However, in clays soils density of 10,000 trees/ha would have the same productivity than 15,000 trees/ha, and in turn have a statistically significant ( $p < 0.05$ ) in contrast to obtained at a planting density of 5,000 trees/ha.

Keywords: Forestry plantations, second generation biofuels

## INTRODUCCIÓN

### Antecedentes

Los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón mineral) participan en un 76% de la cantidad total de energía que se requiere en Chile, y de ésta, más del 90% se obtiene de importaciones. En contraste a la demanda energética de recursos naturales no renovables, Chile posee un sector forestal consolidado (Wompner, 2010), que le permitiría en un futuro autoabastecerse para la cogeneración de energía (Figueroa, 2009) liderando la fuente de energía renovable no convencional a partir de biomasa lignocelulósica, que no genera presión alguna sobre la oferta y demanda de los alimentos para consumo humano (Montoya, 2009) como acontece con los biocombustibles de primera generación (Suárez y Martín, 2010).

En la actualidad la producción de energía renovable no convencional a partir de biomasa lignocelulósica en Chile, presenta una participación creciente del 19,2% en la matriz energética nacional de consumo primario (Rodríguez, 2011). El Ministerio de Energía de Chile, con base a la política ambiental de incrementar el uso de combustibles de segunda generación, incentiva el uso de biomasa lignocelulósica en procesos de cogeneración (en mezcla con carbón mineral), y a través de la implementación de estas políticas ambientales se espera aumente la demanda de biomasa proveniente de plantaciones dendroenergéticas, disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero con base a la ejecución de Proyectos Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) (Naciones Unidas, 1998). Al incrementarse las plantas de cogeneración de energía en Chile aumentaría la demanda de biomasa lignocelulósica.

La oferta actual a partir de desechos de plantaciones forestales o aserríos compuesta por materiales heterogéneos permite obtener una adecuada materia prima para la generación de bioenergía (Spatari *et al.*, 2010), sin embargo, la biomasa lignocelulósica proveniente de plantaciones dendroenergéticas ofrece un producto de mayor homogeneidad y poder calorífico (Díez y Quintero, 2008). El establecimiento de plantaciones dendroenergéticas generaría una mayor participación del sector forestal en la economía energética nacional, sin embargo, aún no se tiene claridad si es realmente significativo el aporte en términos ambientales y sociales (Young y Steffen, 2008). Por otra parte, la tasación del potencial energético de la biomasa lignocelulósica a escala industrial deriva de la transformación, prensado y estandarización de la misma, desconociendo la procedencia y el rendimiento en función del potencial energético que se obtiene por unidad de superficie, lo cual demanda de estudios que evalúen las especies forestales, los niveles de densidad de plantación, turnos de rotación y tipos de suelos, que permitan dilucidar la cantidad de biomasa que alcanzan las plantaciones forestales bajo diferentes tipos de manejo silvícola y productividad del sitio (Lemenih y Bekele, 2004).

En consecuencia, surge el interés en evaluar diversas especies para la generación de energía, basada en plantaciones forestales con manejos por fuera del ámbito silvícola tradicional; altas densidades de plantación en turnos de corta duración. Se espera además que los turnos de corta duración estimulen una mayor cantidad y calidad de rebrote (Wirthensohn y Sedgley, 1998), lo que disminuiría los costos de establecimiento al aprovecharse la misma cepa en cortas sucesivas, siendo el turno de rotación un factor fundamental para proyectar el tiempo al cual se alcanzaría el nivel óptimo de productividad (Del Fierro, 2001; González, 2000). Aunque la capacidad de rebrote depende de múltiples factores que se deben al manejo silvicultural, la edad de corta, y en mayor grado, al componente genético en particular (Ramírez y Schlatter, 1998). Una alternativa es la evaluación de plantaciones dendroenergéticas en turnos de corta rotación, las cuales presentan retornos de inversión de mayor liquidez que la que se obtiene con plantaciones forestales en presencia de turnos de rotación de mayor duración, como la oportunidad de ampliar la oferta a inversionistas agropecuarios al desarrollar proyectos forestales en suelos no aptos para la agricultura (Grigoletti, 2003; Mochiutti, 2007); a la vez que se disminuye la presión sobre el uso de cultivos agrícolas para la obtención de energía.

Las empresas con mayor participación en el sector forestal chileno (Forestal ARAUCO, Forestal Mininco y MASISA) se han interesado en la ejecución de éste tipo de investigaciones para la generación y cogeneración de energía a partir de biomasa lignocelulósica, fortaleciendo el compromiso con la participación conjunta dentro de un consorcio científico y tecnológico

denominado Consorcio Tecnológico BioEnercel S.A. (Belisário, 2010), en donde participa el Grupo de Investigación de Biomasa y BioEnergía de la Facultad de Ciencias Forestales (Universidad de Concepción), entre otros. Siendo este último un referente regional en estudios en plantaciones dendroenergéticas a través de la ejecución de proyectos de innovación en esta área (Proyecto INNOVA Bio Bio N° 06-PC S1-33 "Desarrollo de protocolos para la producción de biomasa de especies forestales de rápido crecimiento y corta rotación para la generación de bioenergía. 2007-2011").

Para efectos de estimar el potencial energético de la biomasa lignocelulósica proveniente de plantaciones dendroenergéticas (alta densidad de plantación y turnos de corta duración) como de las plantaciones forestales tradicionales (baja densidad de plantación y turnos de larga duración) nace el interés del consorcio en evaluar especies forestales establecidas sobre diferentes manejos silvícolas en diversos tipos de suelos para la cogeneración de energía, a través del desarrollo de los subproyectos "Plantaciones con Especies Leñosas de Corta Rotación para la Producción de Biocombustibles de Segunda Generación" y "Aprovechamiento Sustentable de Residuos de Rotación Forestal e Industrial para Producción de Biocombustibles de Segunda Generación" (subproyectos 08CTE03-01 y 08CTE03-01 02, respectivamente). De esta forma se permitiría incrementar paulatinamente la participación de la biomasa lignocelulósica en la matriz energética nacional, a través de un aumento en la confianza inversionista para la ejecución de éste tipo de proyectos.

El marco en el cual se desarrolla el presente trabajo es evaluar y comparar el crecimiento de un ensayo de *E. globulus*, establecido en tres tipos de suelos (arenales, sedimentos marinos y trumaos) en altas densidades de plantación 5.000, 10.000 y 15.000 arb/ha, en turnos de corta rotación, de 24, 36 y 48 meses, para evaluar el potencial de biomasa lignocelulósica con base a la combinación de los diversos tratamientos. Además, se estudia el efecto del rebrote posterior a la primera corta sobre cada uno de los tratamientos estudiados.

## **Marco Teórico**

La biomasa vegetal tiene una amplia variedad de usos, entre ellos el de producir energía de diversas formas. La producción de energía a partir de biomasa lignocelulósica tiene la ventaja de ser altamente amigable con el ambiente (Nicholas, 2006), dada la capacidad de retener en su estructura el carbono atmosférico producto de la fijación del dióxido de carbono en el proceso de la fotosíntesis, neutralizando el fenómeno gaseoso que ocasiona el cambio climático mundial (Arellano y De Las Rivas, 2006).

El uso de la biomasa lignocelulósica es compactible con los tratados y convenios internacionales de política ambiental, como es el caso del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, a través de la implementación de herramientas de participación conjunta en la elaboración de Proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) (Naciones Unidas, 1998), en donde la biomasa lignocelulósica posee la más alta eficiencia de conversión entre las demás alternativas, que disminuye en función de la humedad que posea al momento de su transformación termoquímica (Diez y Quintero, 2008).

## **Condiciones Naturales de las Plantaciones Forestales en Chile**

Chile posee grandes variaciones en el ambiente natural, entre ellas, la influencia del mar en la deposición de sus sedimentos sobre los terrenos del litoral Pacífico (Ruiz et al., 1965), además, el origen de los sedimentos continentales de la depresión central y la precordillera, consecuencia de la dinámica de la radiación, temperatura y precipitación; en ausencia de sedimentos afloran rocas metamórficas e ígneas (Schlatter, 1977).

En los suelos arenosos la falta de arcillas y/o sustancias húmicas son un limitante para la cantidad de elementos nutritivos presentes en el suelo, como su capacidad para retener agua en las temporadas de sequía (García, 1970), lo que disminuye el potencial que puedan alcanzar las plantaciones forestales sobre éste tipo de suelos. La complejidad del suelo en características y propiedades físico-químicas, tiene ponderación en el efecto sobre el crecimiento de las plantaciones (Schlatter y Gerding, 1995).

El clima además limita la posibilidad de adaptación de una especie a un sitio afectando la producción anual (Holdridge, 1947). Chile posee una alta variabilidad climática en sentido transversal (longitudinal), manifestándose en el balance hídrico y el régimen de temperaturas, disminuyendo la humedad relativa del aire a medida que se acerca a la precordillera, siendo más marcado en los periodos cálidos o estivales (Schlatter y Gerding, 1995).

En distintas zonas climáticas, las variables ambientales que mejor explican las diferencias cuantificadas en el crecimiento de especies forestales están relacionados con la precipitación media anual y su distribución estacional, la profundidad efectiva del suelo, el nivel del nitrógeno total y el fósforo disponible en el suelos, entre otros (Jackson y Gifford, 1974).

La variabilidad ecológica y ambiental que posee Chile, permite la introducción de un sin número de especies exóticas cuyo establecimiento disminuye la explotación excesiva de los bosques nativos (Rodríguez y Rodríguez, 1981). Las especies forestales exóticas aclimatadas en Chile se adaptan bien para su explotación comercial entre los paralelos 32° y 42° latitud sur. Más al sur, las especies forestales no encuentran condiciones aptas para su desarrollo, y hacia el norte, la insuficiencia de precipitaciones hace imposible su establecimiento y posterior supervivencia (Schlatter, 1977), de ahí la importancia de determinar los requerimientos ambientales por especie según las condiciones del sitio.

### **Plantaciones Dendroenergéticas**

En las plantaciones forestales establecidas a baja densidad de plantación, las drásticas reducciones de la población de árboles ocasiona que el dosel no se cierre sino hasta edades avanzadas, generando no solo la proliferación de especies vegetales indeseables, sino la subutilización del sitio en términos económicos (Valdivieso, 1990). Además, modificar la densidad de plantación afecta la proporción de madera juvenil, la densidad de la madera, la producción volumétrica total, el volumen individual de los árboles, la estructura del rodal, el factor mórfico de los árboles, el diámetro de las ramas de la copa, la formación de ramas epicórmicas, la supresión de malezas, el daño por el viento, sol y otros agentes.

Al disminuir la densidad de plantación, aumenta el crecimiento en diámetro, y en menor medida, en altura (Ferrere, 2005) disminuyendo la densidad de plantación en un 50% por competencia, y al aumentarse la densidad de plantación, aumenta el área basal, disminuye el DAP (diámetro a la altura del pecho, 1,30 m), la altura y la sobrevivencia (Dalla, 2008). De donde, la densidad de plantación se considera indiscutiblemente un factor delineante de la productividad forestal (Daniel *et al.*, 1982), siendo un factor determinante cuando se consideran rotaciones cortas sin manejo forestal, trayendo importantes implicaciones económicas (Coetzee, 1991).

Un incremento en la densidad de plantación no significa una respuesta en biomasa en la misma proporción, dada la competencia intraespecífica, puede incluso ocasionar no solo competencia entre los individuos cuando se alcanza el cierre del dosel a tempranos estadios del rodal (Alvarez *et al.*, 2003), sino la adaptación de las mismas desarrollando estrategias de facilitación bajo condiciones adversas, como la disminución de la evapotranspiración en suelos de arenales. Siendo relevante, para efectos de garantizar la ausencia de pérdidas de productividad en turnos sucesivos, que el suelo mantenga las condiciones iniciales previas a la cosecha de la primera rotación, asegurando la disponibilidad de nutrientes para los futuros turnos de crecimiento (Gayoso, 1996). De igual manera, las especies forestales deben ser tolerantes a la competencia de recursos, o poseer una alta capacidad de adaptación bajo condiciones adversas a su desarrollo, como una alta capacidad de rebrote para minimizar los costos de establecimiento.

### **OBJETIVO**

Ampliar la base de selección de especies arbóreas para la producción de biocombustibles, bajo altas densidades iniciales de plantación, en turnos de corta rotación sobre diferentes condiciones de suelo.

## METODOLOGÍA

Con el objeto de cuantificar la biomasa de plantaciones dendroenergéticas en altas densidades de plantación y turnos de corta rotación, a finales de la temporada de lluvias del año 2010 se estableció 36 parcelas experimentales sobre suelos de arenas (AR), 36 parcelas experimentales en sedimentos marinos (SM) y 36 parcelas experimentales en suelos trumaos (TR) (Figura N° 1), cuyo uso reciente correspondía a plantaciones de *Pinus radiata* (20-22 años), abarcando una superficie de estudio de 4,58 ha.

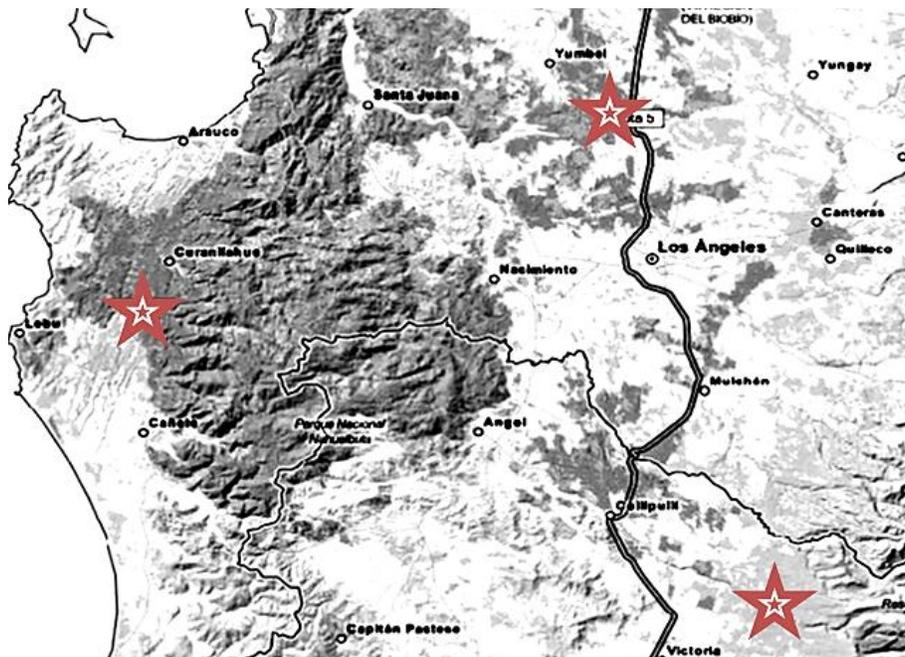


Figura N° 1  
UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ENSAYO EN SUELOS DE ARENALES, SEDIMENTOS MARINOS  
Y TRUMAOS

El área de estudio en suelos de arenas se encuentra ubicada en el fondo La Aguada de Forestal Mininco, 15 km al sureste de Yumbel, Región del Bío Bío. Corresponde a la serie de suelos denominada Arenales (ARN), de procedencia aluvial, de formación reciente, profundos, poco desarrollados, derivado de arenas volcánicas de color negro, origen andesítico y basáltico; textura gruesa en el perfil y moderadamente gruesa en superficie. En el abanico aluvial del Laja la topografía es plana, con drenaje excesivo y permeabilidad rápida a muy rápida, el escurrimiento superficial es lento. Desde fines de otoño hasta mediados de la primavera presenta un nivel freático temporal, a una profundidad entre 70 a 120 cm que desaparece en la temporada de sequía. Con problemas por erosión eólica ligera a moderada. La fase ARN/1, en la cual se sitúa el ensayo, corresponde a suelos de textura superficial arenosa, profundos, planos y de drenaje excesivo, con presencia de algunos sectores de textura superficial franco arenosa y capacidad de uso IVs4 (Martínez, 2004).

En el caso de sedimentos marinos, el ensayo se encuentra ubicado en el fondo Pilpilco de Bosques ARAUCO, 8.5 Km al noreste de Los Álamos, Región del Bío Bío. Corresponde a la

serie de suelos denominada Asociación Merilupo, suelos profundos formados sobre sedimentos marinos, con textura franco arcillosa y arcillosa en el perfil, de color pardo rojizo en superficie. Terraza marina alta, disectada y ondulada, en pendientes de moderada a fuerte. Suelos bien estructurados que facilitan el desarrollo radicular y el almacenamiento de aguas lluvias. La superficie de evaluación se encuentra dentro de la variación MER/1, cuyos suelos son de textura superficial franco arcillosa, profundos, suavemente ondulados con 5 a 8% de pendiente y bien drenados. Capacidad de uso IVs4

La evaluación sobre suelos trumaos se encuentra ubicada en el fundo Parcelas Collipulli de MASISA, 34 Km al sureste de Collipulli, Región de La Araucanía. Pertenecen a la serie de suelos Santa Bárbara, cuyos suelos son poco evolucionados formados sobre cenizas volcánicas recientes, depositadas sobre sustratos fluvio-glaciales o materiales fluviales difícilmente detectables por la profundidad en la que se encuentran. Suelos profundos a muy profundos, de buen drenaje, textura media franca o franca limosa superficialmente y franco limosa en el perfil, de buena estructura y arraigamiento, con porosidad y sin gravas los primeros 160 cm. Se presenta normalmente en lomas y cerros, y de manera reducida en suelos ligeramente ondulados (de 2 a 5% de pendiente). Permeabilidad moderada y escurrimiento superficial moderado en pendientes de hasta un 3%. El ensayo se encuentra en la fase SBA/2, suelos con textura superficial franco limosa, profundos, topografía ligeramente ondulada con 2 a 5% de pendiente y bien drenados, con capacidad de uso IIe1 (Martínez, 2004).

Los sitios fueron habilitados para la instalación de las parcelas; extracción de residuos de cosecha (AR y TR) y quema en fajas (SM), control de malezas preplantación y fertilización correctiva postplantación. Evaluando el *E. globulus* en densidades iniciales de plantación de 5.000, 10.000 y 15.000 arb/ha, sin replante y a diferentes turnos de rotación (24, 36 o 48 meses), en un diseño aleatorio en arreglo factorial con 3 bloques de repetición. Cada bloque está conformado por 36 parcelas, de las cuales 12 corresponden a parcelas de medición de 18 x 18 m en AR y TR, y de 25 x 25 m en SM. La unidad de medición posee 30 individuos, los cuales están aislados de los demás tratamientos por varias líneas de aislamiento, entre parcelas adyacentes.

Para estimar el crecimiento y rendimiento de las plantaciones dendroenergéticas de *E. globulus* se realizó mediciones del diámetro a 10 cm del cuello (DAC), diámetro normal a 1.3 m de altura (DAP), altura total, supervivencia, competencia intraespecífica, condición fitosanitaria, calidad de la plantación y coeficiente de esbeltez. Con base a los valores medios de altura total (Hm) y área basal por unidad experimental, se desarrolló un análisis de varianza con valores críticos al 5% (para la densidad de plantación y tipo de suelo) con el propósito de comparar las medias entre los diferentes tratamientos.

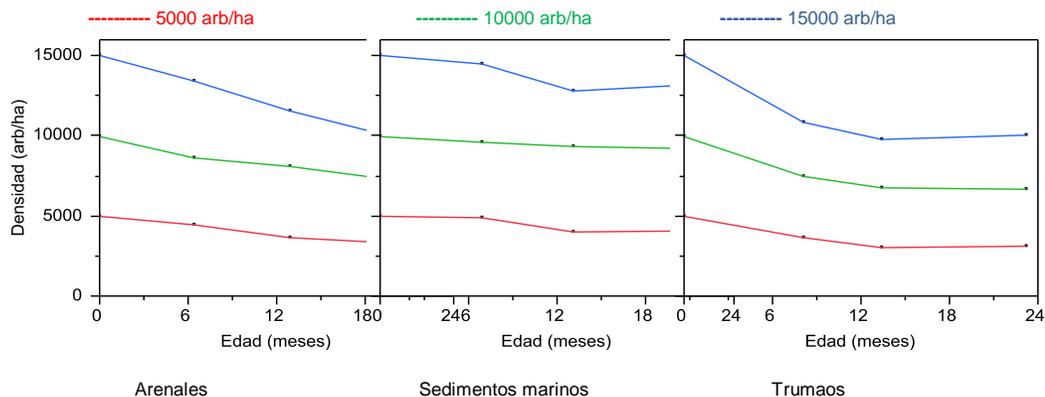
## RESULTADOS Y DISCUSION

Sobre la base de los tres tipos de suelos en los cuales se llevó a cabo el ensayo, se evidencia que en sedimentos marinos es donde se presenta la mayor tasa de supervivencia, independiente de la densidad de plantación inicial (Figura N° 2), en cambio en los suelos de arenales y de trumaos, en parcelas experimentales de 15.000 arb/ha, fue donde se presentó el mayor deceso de individuos durante los primeros 24 meses de evaluación.

En los suelos trumaos la supervivencia se estabilizó a partir del primer año, en los suelos arenales esta continúa disminuyendo a medida que transcurre el tiempo. Aun cuando los ensayos establecidos a 15.000 arb/ha han alcanzado densidades próximas a los 10.000 arb/ha, se debe considerar que no presentan la misma dinámica, dado que mientras los de 10.000 arb/ha los individuos adyacentes se encuentran a un metro de distancia, a densidades de 15.000 arb/ha, la distancia es una quinta parte más corta (0,81 m) lo cual ocasiona una mayor competencia por luz, agua y nutrientes.

En el caso de los ensayos sobre suelos de arenales, la causa de una menor supervivencia en parte se presentó en la fase postestablecimiento de la plantación, debido a un menor retención de agua como a un mayor albedo, lo que dificulta el establecimiento de los *Eucalyptus* en este tipo de suelos.

En el caso de los ensayos en suelos trumaos la mortandad inicial esta asociada a una mayor competencia por luz, dado el acelerado y agresivo crecimiento de las malezas, que requería de un control más temprano y efectivo, que sobre la maleza presente en los demás tipos de suelos.



**Figura N° 2**  
**DINÁMICA DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN EN EL TIEMPO**

Con base a la densidad de plantación, el análisis de varianza continua presentando diferencias significativas entre los diferentes tratamientos para cada tipo de suelo, a excepción de lo registrado en el mes 24 en suelos arenales, donde el tratamiento de 15.000 arb/ha presenta niveles bajos de supervivencia y no se diferencia estadísticamente ( $P < 0,05$ ) de lo observado en el tratamiento de 10.000 arb/ha (Cuadro N° 1).

**Cuadro N° 1**  
**COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE MEDIAS**  
**EN SUELOS ARENALES A LOS 24 MESES**

Contraste	Signo	Diferencia	+/- Limites
5000 - 10000	*	-3652.78	2913.8
5000 - 15000	*	-5875.00	2913.8
10000 - 15000		-2222.22	2913.8

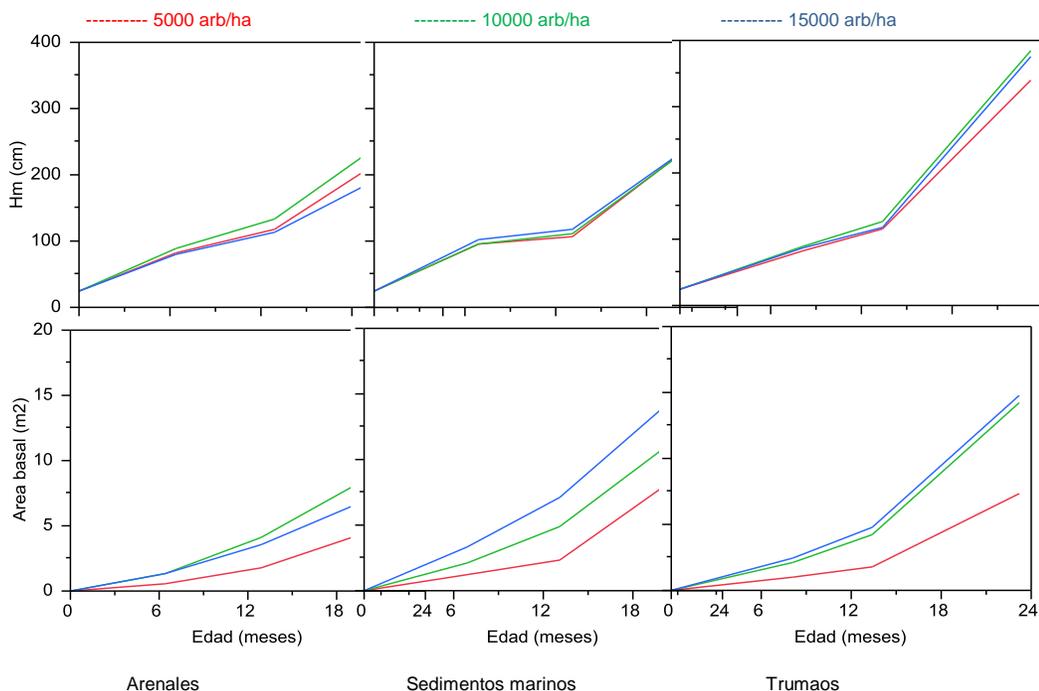
\* Indica diferencias estadísticas significativas  
(Intervalo de confianza del 95%)

Sin embargo, el tratamiento de la densidad de plantación aun cuando continúan siendo contrastante a medida que crece el ensayo (a excepción del caso puntual previamente expuesto), esta no logra afectar la altura media (Hm) que alcanza el ensayo (Figura N° 3), en donde en ninguna de las observaciones, bajo ningún tipo de suelo, logró presentar algún valor medio que se diferenciase de manera significativa de los otros dos tratamientos.

Lo anterior difiere un poco con lo observado en el área basal (considerando la lectura del área basal a una altura de 0.10 m), en donde el tratamiento de la densidad de plantación en suelos de arenales solo logra diferenciar los tratamientos de 5.000 y 15.000 arb/ha, dado que el de 10.000 arb/ha no presenta una diferencia estadísticamente significativa del resto, sin embargo, luego del primer año no se logran diferenciar de manera significativa los tres tratamientos ( $P < 0,05$ ).

Por otra parte, en sedimentos marinos solo durante los primeros seis meses de establecido el ensayo se logró diferenciar de manera significativa el tratamiento de 15.000 arb/ha, posteriormente, a los 24 meses de establecido el ensayo no presentó diferencia significativa con las densidades de plantación nominal de 5.000 y 10.000 arb/ha; el tratamiento de 10.000 arb/ha a partir del primer año no logra diferenciarse de lo observado en el de 15.000 arb/ha.

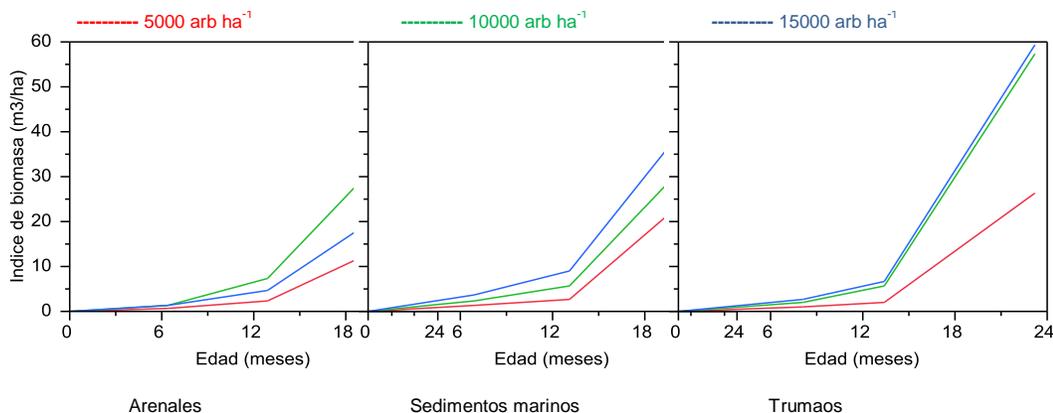
En suelos trumaos por su parte, durante los primeros 24 meses de mediciones los tratamientos de 10.000 y 15.000 arb/ha no alcanzan a diferenciarse estadísticamente entre si, a diferencia del de 5.000 arb/ha que presenta valores contrastantes de menor tamaño a lo observado en los otros dos tratamientos.



**Figura N° 3**  
**EVOLUCIÓN DE LA ALTURA MEDIA (Hm) Y EL ÁREA BASAL**  
**SEGÚN LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN POR TIPO DE SUELO**

Al multiplicar el índice de biomasa ( $d^2h$ ) por el número de individuos sobrevivientes, para efectos prácticos de poder evaluar la productividad en biomasa obtenida en cada tratamiento por unidad de superficie (Figura N° 4), se presenta que en el caso tanto de los arenales como de los sedimentos marinos no existe una diferencia significativa entre las densidades de plantación al final de los 24 meses.

Sin embargo, en suelos trumaos los tratamientos de 10.000 y 15.000 arb/ha se distancian de manera estadísticamente significativa de lo obtenido a 5.000 arb/ha, como consecuencia de una área basal menor.



**Figura N° 4**  
**EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE BIOMASA ( $d^2h$ ) POR UNIDAD DE SUPERFICIE Y TIPO DE SUELO**

## CONCLUSIONES

En términos generales, el *Eucalyptus globulus*, independiente de la densidad de plantación nominal (5.000, 10.000 o 15.000 arb/ha) produce la misma cantidad de biomasa, por tipo de suelo. No siendo suficiente las moderadas diferencias que se presentaron en área basal, para afectar la cantidad de biomasa presente en el fuste.

En consecuencia, debido a los altos costos de establecimiento que conllevan plantaciones de 10.000 y 15.000 arb/ha, más la alta mortalidad que presenta esta última densidad, con plantaciones de 5.000 arb/ha se obtendría una cantidad de biomasa que no se diferenciaría estadísticamente de las de mayor densidad, tanto en suelos arenales como en sedimentos marinos.

En suelos trumaos en tanto, una densidad de 10.000 arb/ha presentaría la misma productividad que la de 15.000 arb/ha, superando de manera significativa ( $p < 0,05$ ) la obtenida a 5.000 arb/ha.

## RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen al Consorcio Tecnológico BioEnercel y a Bosques ARAUCO, Forestal MININCO y MASISA por la participación en la investigación y su financiamiento.

## REFERENCIAS

- Alvarez, M. F., Barrio, M., Gorgoso, J. y Alvarez, J. G., 2003.** Influencia de la competencia en el crecimiento en sección en *Pinus radiata* D. Don. Investigación Agraria. Sistemas y recursos forestales 12, 25-36.
- Arellano, J. B. y De Las Rivas, J., 2006.** Plantas y cambio climático. Investigación y Ciencia, 42-50.
- Belisário, R., 2010.** Chile quer dobrar área de plantações florestais para obter combustível. Ciência e Cultura 62, 17-18.
- Coetzee, J., 1991.** The influence of stand density on the yield of *Eucalyptus grandis*: a comparison between a good site and a poor site at age 4 years. In, pp. 2-6.

- Dalla, F., 2008.** Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento de *Eucalyptus grandis* en Entre Ríos, Argentina. *Forest Systems* 4, 57-71.
- Daniel, T. W., Helms, J. A. y Baker, F. S., 1982.** Principios de silvicultura. McGraw-Hill.
- Del Fierro, P., 2001.** Efecto de tratamientos de corte sobre el rebrote de *Acacia caven* (Mol.), en Aucó, IV región. Memoria de Título. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile.
- Díez, J. F. P. y Quintero, R. S., 2008.** Consideraciones sobre la dendroenergía bajo un enfoque sistemático. *Energética*, 19-34.
- Ferrete, P., 2005.** Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento de *Eucalyptus globulus* en un ensayo Nelder modificado. *Investigación Agraria. Sistemas y recursos forestales* 14, 174-184.
- Figueroa, E., 2009.** Escenario Energético de Chile. Seguridad y eficiencia energética: Un aporte científico para la generación de políticas públicas, 51.
- García, O., 1970.** Índices de sitio para pino insigne en Chile. Santiago, Chile. INFOR, Serie de Investigación: 2. 29 p.
- Gayoso, J., 1996.** Costos ambientales en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. Bosque (Chile). (17, 15-26.
- González, M., 2000.** Evaluación de la capacidad de rebrote de *Acacia caven* (Mol.) frente a diferentes opciones de corte en la IV región de Chile. Memoria de Título. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile.
- Grigoletti, A., 2003.** Sistema de Produção. Cultivo da Acácia Negra. Ministerio da Agricultura Pecuaria e Abastecimento. EMBRAPA Florestas Sistemas de Produção. Versão Eletrônica Jan/2003 Brasil.
- Holdridge, L. R., 1947.** Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science* 105, 367.
- Jackson, D. and Gifford, H. H., 1974.** Environmental Variables Influencing the Increment of Radiata Pine: Periodic Volume Increment. New Zealand Forest Service.
- Lemenih, M. and Bekele, T., 2004.** Effect of age on calorific value and some mechanical properties of three *Eucalyptus* species grown in Ethiopia. *Biomass and Bioenergy* 27, 223-232.
- Martínez, R., 2004.** Mapa de reconocimiento de suelos de la VIII Region del Bio-Bio (sector sur). Memoria para obtener el título profesional de Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile.
- Mochiutti, S., 2007.** Produtividade e sustentabilidade de plantações de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Rio Grande do Sul. 270 f.
- Montoya, C., 2009.** Salud, cambio climático y contaminación. Actualización acerca de las fuentes alternativas de energía en Chile. *Medico Sociales* 49, 280-307.
- Naciones Unidas, 1998.** Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>.
- Nicholas, I., 2006.** Bioenergy options for New Zealand. Resource Assessment short-rotation Forestry Crops. SCION, New Zealand.
- Ramirez, J. y Schlatter, J., 1998.** Analisis de variables de sitio para estimar el establecimiento en Chile de *Acacia melanoxylon* R. Br. Bosque (Chile). (19, 37-51.
- Rodríguez, G. y Rodríguez, R., 1981.** Las especies de *Pinaceae* cultivadas en Chile. Bosque 4, 25-43.
- Rodríguez, V., 2011.** Dendroenergía en Chile: Presente, futuro y aportes desde la sociedad civil. *The bioenergy international*. España, 28-29.
- Ruiz, C., Aguirre, L., Corvalán, J., Klohn, C., Klohn, E. y Levi, B., 1965.** Geología y yacimientos metalíferos de Chile. Instituto de Investigaciones Geológicas 305.
- Schlatter, J., 1977.** La relación entre suelo y plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en Chile Central, análisis de la situación actual y planteamientos para su futuro manejo. Bosque (Chile). (2, 12-31.
- Schlatter, J.E. y Gerding, V., 1995.** Método de clasificación de sitios para la producción forestal, ejemplo en

Chile. Bosque 16, 13-20.

**Spatari, S., Bagley, D. M. and Mac Lean, H. L., 2010.** Life cycle evaluation of emerging lignocellulosic ethanol conversion technologies. *Bioresource technology* 101, 654-667.

**Suárez, J. y Martín, G., 2010.** Producción de agroenergía a partir de biomasa en sistemas agroforestales integrados: Una alternativa para lograr la seguridad alimentaria y la protección ambiental. *Pastos y Forrajes* 33.

**Valdivieso, J. A., 1990.** Un método alternativo de manejo para plantaciones: Espaciamento concentrado en árboles selectos. *Bosque* 11, 3-8.

**Wirthensohn, M. G. and Sedgley, M., 1998.** Effect of pruning on regrowth of cut foliage stems of seventeen *Eucalyptus* species. *Australian journal of experimental agriculture* 38, 631-636.

**Wompner, F.H., 2010.** Biocombustibles En Chile. ¿Una Alternativa Factible? Desarrollo local sostenible.

**Young, C. E. F. y Steffen, P.G., 2008.** Biocombustibles como estrategia de desarrollo: ¿Rumbo hacia la sustentabilidad o hacia una nueva periferia? *Revista Polis* 7, 167-177.

***Eucalyptus camaldulensis* DEHNH**  
**PRODUCTIVIDAD EN CULTIVOS ENERGÉTICOS BAJO RIEGO**

Bustamante, J. A.<sup>3</sup>; Pérez, S. A.<sup>1</sup> y Llera, J.<sup>1</sup>

**RESUMEN**

La matriz energética de Argentina es altamente dependiente de combustibles fósiles, fundamentalmente petróleo y gas, y el país se ha convertido en lo últimos años en un neto importador de energía. Actualmente se encuentra en vigencia legislación que promueve el desarrollo de diversas fuentes de energías renovables a fin de modificar esta situación, entre ellas la biomasa en general y la biomasa forestal en particular.

Algunas especies del género *Eucalyptus* han sido utilizadas en diversos lugares del mundo en la implantación de cultivos energéticos debido a que en general proveen grandes cantidades de biomasa en cortos períodos de tiempo y poseen una serie de características deseables para ser usadas con este fin.

La región centro-oeste del país presenta un clima desértico donde la agricultura es posible solo mediante la aplicación de riego y donde cada vez mayor cantidad de agua de los ríos es demandada y utilizada por la población.

En Mendoza las aguas provenientes de efluentes domiciliarios tratados son utilizadas para regar áreas denominadas ACRES (Áreas de Cultivos Restringidos Especiales) en las cuales solo están permitidos cultivos que no conlleven peligro a la salud de la población.

Una de las alternativas para lograr el doble objetivo, de alcanzar una deseable diversificación de la matriz energética y un uso racional y ambientalmente aceptable del recurso hídrico que supone el agua proveniente de efluentes domiciliarios, es la implantación de cultivos energéticos con especies forestales para obtener biomasa y posteriormente transformarla en energía.

Con el objeto indicado, se instaló en la provincia de Mendoza un cultivo de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. con densidades de 10.000 y 20.000 plantas/ha, regado con agua de efluentes domiciliarios. El diseño estadístico fue de bloques al azar, con tres repeticiones para cada densidad.

Todas las plantas del ensayo se cortaron a 15 cm del suelo luego del primer año de plantación y dos años después se procedió a cortar todos los brotes producidos por esas mismas plantas. El peso promedio individual de cada planta en ese primer ciclo de corta fue de 6,38 kg, para una densidad de 10.000 plantas/ha y de 4,74 kg para una densidad de 20.000 plantas/ha.

Palabras clave: *Eucalyptus camaldulensis*, Cultivos energéticos, Riego, Efluentes Domiciliarios.

---

<sup>3</sup> Docentes, investigadores, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza-República Argentina. [jbustamante@fca.uncu.edu.ar](mailto:jbustamante@fca.uncu.edu.ar); [sperez@fca.uncu.edu.ar](mailto:sperez@fca.uncu.edu.ar); [jllera@fca.uncu.edu.ar](mailto:jllera@fca.uncu.edu.ar)

## SUMMARY

Argentina has an energy matrix highly dependent on fossil fuels, mainly oil and gas, also in recent years the country has become a net importer of energy.

There is currently legislation that promotes the development of various renewable energy sources as a way to change this situation, including biomass in general and in particular forest biomass.

Some species of the *Eucalyptus* genus have been used in different parts of the world in the implementation of woody energy crops, as they generally provide large amounts of biomass in short periods of time and also have a number of desirable characteristics for its use on this purpose.

In another aspect, the central-west of the country has a desert climate where agriculture is only possible through the application of irrigation, and where more and more water from rivers is demanded and used by the population.

In Mendoza, the wastewaters are conducted to areas called ACRES (Restricted Areas of Special Crops) in which only crops which present no risk for the health of the population are allowed.

For these reasons it was installed in the province of Mendoza, a *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. culture at densities of 10,000 and 20,000 plants/ha, irrigated with wastewater. The design was randomized block with three replicates for each density.

After the first year of planting, all plants were cut to 15 cm from soil level and two years later all shoots produced were cut. The average weight of individual plant was 6.38 kg for a density of 10,000 plants/ha and 4.74 kg for a density of 20,000 plants/ha.

Keywords: *Eucalyptus camaldulensis*, Energy Crops, Irrigation, Wastewater

## INTRODUCCIÓN

Argentina tiene una matriz energética altamente dependiente de hidrocarburos fósiles, fundamentalmente petróleo y gas, habiéndose transformado además en los últimos años de un país exportador de energía en uno netamente importador.

A fin de atenuar esta circunstancia, actualmente se encuentra en vigencia legislación nacional que promueve el desarrollo de diversas fuentes de energías renovables, entre ellas la biomasa en general y la biomasa forestal en particular.

En otro aspecto, la región centro-oeste del país presenta en general un clima desértico; Mendoza concretamente se caracteriza por precipitaciones que van desde menos de 200 mm hasta algo más de 300 mm anuales, siendo la agricultura solo posible mediante la aplicación de riego, y donde cada vez mayor cantidad de agua de los ríos es demandada y utilizada por la población, cercana a los dos millones de personas, y por sus numerosas industrias.

Estos usos generan cada vez mayores volúmenes de efluentes, llegando a tal punto que se estima que la superficie que potencialmente podrían regar estos efluentes suma ya más de 12.000 ha.

En la provincia de Mendoza, las aguas provenientes de efluentes domiciliarios tratados son utilizadas para regar áreas denominadas ACRES (Áreas de Cultivos Restringidos Especiales) en las cuales solo están permitidos cultivos que no conlleven peligro a la salud de la población por su consumo.

Una de las alternativas para lograr el doble objetivo, de alcanzar una deseable diversificación de la matriz energética regional y nacional y un uso racional y ambientalmente aceptable del recurso hídrico que supone el agua proveniente de efluentes domiciliarios, es la implantación de cultivos energéticos con especies forestales para obtener biomasa y la posterior transformación de esta en energía.

Bajo los términos de cultivos energéticos; SRF (*Short Rotation Forest*) o SRFC (*Short Rotation Forest Coppice*) o SRWC (*Short Rotation Woody Crops*), se engloba una serie de situaciones muy diversas y en muchos casos difíciles de encuadrar.

Esto teniendo en cuenta que salvo su principal objetivo, que es la obtención de grandes volúmenes de madera en cortos tiempos de rotación, destinando en última instancia esta producción en numerosos casos a la obtención de energía, las demás características manifiestan límites bastante amplios. Así por ejemplo, en cuanto al turno de corta puede ser variable de uno a quince años, las densidades consideradas por diversos autores van desde 500 (a veces menos) a más de 100.000 plantas/ha y las especies utilizadas y sistemas de manejo son en ocasiones muy diferentes.

Algunas especies del género *Eucalyptus* han sido utilizadas en diversos lugares del mundo, en la implantación de cultivos energéticos con especies forestales, ya que en general proveen grandes cantidades de biomasa en cortos períodos de tiempo y poseen además una serie de características deseables para ser usadas con este fin, entre las que es posible mencionar el rápido crecimiento en su fase juvenil, la buena capacidad de rebrote, la producción de grandes cantidades de biomasa en peso seco con alto poder calórico y buena calidad como biocombustible, y su adaptación a diferentes condiciones con buena resistencia a estrés biótico y abiótico.

## OBJETIVO

Evaluar el comportamiento y la productividad, en términos de peso de biomasa fresca y seca producida por hectárea, de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. en condiciones de altas densidades de cultivo y turnos cortos de aprovechamiento, bajo condiciones de riego con agua proveniente de efluentes domiciliarios.

El logro de este objetivo contribuirá a obtener conocimientos a nivel regional sobre la posibilidad de cultivar especies forestales en la modalidad de cultivos energéticos, con el fin de obtener biomasa para el posterior uso directo o su eventual transformación a biocombustible, brindando así una alternativa de solución a los problemas planteados precedentemente, el eficiente, racional y seguro uso de aguas provenientes de efluentes domiciliarios e industriales y la reducción de la marcada dependencia de los combustibles fósiles que presenta la matriz energética nacional. Como aspiración complementaria y simultánea, se pretende lograr que el desarrollo de esta nueva actividad sea sustentable desde el punto de vista ambiental, económico y social.

## ANTECEDENTES

A nivel mundial se puede encontrar una cantidad de información sobre el uso de especies del género *Eucalyptus* en condiciones de alta densidad y cortas rotaciones.

Densidades de plantación de 500, 1.000, 2.000 y 4.000 árboles/ha en *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus occidentalis*, con turno de corta de 3 años (Sochacki *et al.*, 2007).

Densidades de 1.937 a 2.787 árboles/ha<sup>1</sup>, en *Eucalyptus gunnii* con cortas anuales (Forrest y Moore, 2008).

Densidad de 3.470 árboles/ha en *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus saligna* y *Eucalyptus ovata*, con turnos de corta de 3 a 5 años (Senelwa y Sims, 1999).

Densidad de 4.167 árboles/ha en *Eucalyptus botryoides*, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus ovata*, con turno de corta 3 años (Guo *et al.*, 2006).

Densidades de 1.333 a 3.700 árboles/ha en *Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus gunnii* y *Eucalyptus gunnii* x *Eucalyptus dalrympleana*, con turnos de corta de 8 a 10 años (Purse y Richardson, 2001).

Densidades de 40.000 árboles/ha en *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus camaldulensis* y otro ensayo con *Eucalyptus camaldulensis* a 10.000 y 20.000 árboles/ha, con turnos de corta variables, desde anuales (Luger, 1999).

A nivel local, existe información que ya en la década de 1950, en Mendoza se cultivaban *Eucalyptus camaldulensis* y *Eucalyptus tereticornis*, en una densidad de 5.000 plantas/ha con turnos de 4 a 5 años, siendo el principal objetivo la obtención de postes, varillas y rodrigones para viñedos además de suministrar leña y carbón.

Posteriormente Arreghini *et al.* (1997) y Calderón y Bustamante (2003) llevaron a cabo ensayos para evaluar el comportamiento en vivero y en plantaciones de una serie de eucaliptos, destacándose *Eucalyptus camaldulensis* como uno de los más adaptados a las condiciones de sitio y clima de la zona de Mendoza.

Actualmente en la provincia de Mendoza esta especie tiene una demanda concentrada principalmente en aquellos establecimientos agropecuarios, especialmente bodegas o industrias que tienen la obligación de realizar la deposición de los efluentes líquidos que ellas generan en zonas de cultivo restringidas y sin posibilidades de ser volcados nuevamente a cauces de riego.

## METODOLOGÍA

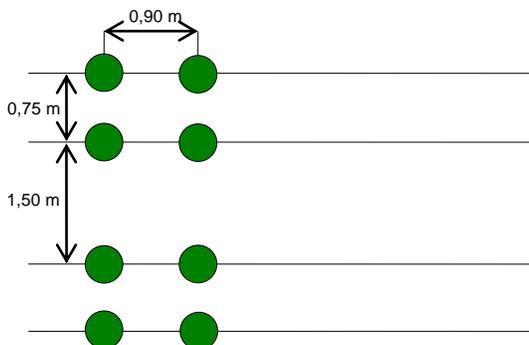
### Descripción y Diseño del Ensayo

Las parcelas experimentales fueron instaladas en una propiedad rural que posee riego con aguas de afluentes domiciliarios tratados, ubicada en una de las ACRE que posee la provincia, a aproximadamente 20 km al norte de la ciudad capital de Mendoza.

El material vegetal utilizado fue plantines de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, obtenidos por semillas de procedencia local, de aproximadamente 40cm de altura, criados en envases de polietileno negro, los que se retiraron al momento de la plantación, manteniendo el pan de tierra.

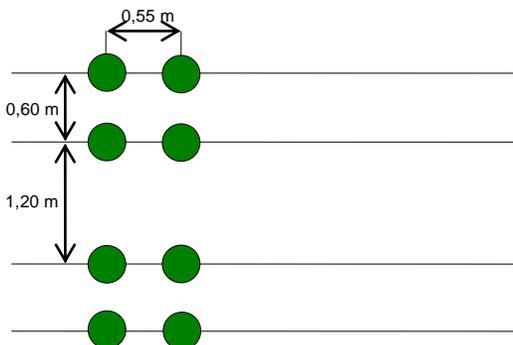
Dichos plantines fueron plantados en dos marcos de plantación distinta:

En una doble hilera, con distancia de 75 cm entre hileras, luego a 150 cm otra doble hilera, y así alternativamente, con un distanciamiento entre plantas de 90 cm en la hilera, obteniendo una densidad de 10.000 plantas por hectárea (Figura N° 1).



**Figura N° 1**  
**CROQUIS DE PLANTACIÓN**  
**DENSIDAD 10.000 PLANTAS/ha**

En una doble hilera, con distancia de 60 cm entre hileras, luego a 120 cm, otra doble hilera, y así alternativamente, con un distanciamiento entre plantas de 55 cm en la hilera, obteniendo una densidad de 20.000 plantas/ha (Figura N° 2).



**Figura N° 2**  
**CROQUIS DE PLANTACIÓN**  
**DENSIDAD 20.000 PLANTAS/ha**

Se utilizó un diseño de bloques al azar con 3 replicaciones para cada una de las densidades propuestas, siguiendo en general las prescripciones de la Forestry Commission UK (Tubby y Armstrong, 2002).

Las parcelas individuales tienen 9 m x 11,5 m y 5,5 m x 9 m, en las densidades de 10.000 y 20.000 plantas/ha, respectivamente y contienen 10 hileras con 10 árboles cada una.

Cada parcela posee hileras de aislación, dejando para la toma de datos 20 plantas por parcela.

### **Instalación del Ensayo**

En agosto de 2006, sobre el sitio seleccionado se realizó una pasada de arado en forma cruzada sobre el terreno con un tractor agrícola, llegando a una profundidad aproximada de 35 cm, a fin de desmenuzar y airear el suelo, y luego dos pasadas de rastra de discos también en forma cruzada.

Luego de la preparación del terreno e inmediatamente antes de plantación se aplicó Pendimetalin (Herbadox), emulsión al 33%, como herbicida de preemergencia a una dosis de 4 L/ha, con cobertura total del suelo, y glifosato a razón de 4 L/ha, en los bordes de las acequias de riego para combatir la proliferación de malezas en ese sector.

Los deshierbes posteriores en el transcurso del primer año fueron realizados manualmente con azadas.

La plantación se efectuó en forma manual, colocando las plantas de eucaliptos en el fondo del surco, para así favorecer el riego de las mismas y al mismo tiempo evitar la acumulación de sales (presentes en el sitio) que se produce normalmente en la parte superior de los surcos.

Ante la presencia de hormigas negras cortadoras (*Acromyrmex spp.*), se llevó a cabo en forma continua y sistemática desde el mismo momento de la plantación su control, aplicándose Clorpirinofos polvo al 3% sobre las bocas de los hormigueros, una vez que eran detectados.

La disponibilidad de agua de riego en la propiedad está sujeta a lo que en Mendoza se denomina "turno de riego", que consiste en otorgar un cierto número de horas de agua en relación a la superficie de la propiedad y normalmente ese "turno" se repite con una cierta periodicidad de días.

Dada esta limitación a la disponibilidad de agua, una misma superficie tiene posibilidades de ser regada en períodos variables a lo largo del año dependiendo de las horas de turno y el caudal entregado en esas horas.

Considerando lo anterior y la información proporcionada por los trabajos de Riu y Settepani (2004) y Gutierrez y Ares (1993) sobre requerimientos de riego, se decidió efectuar los riegos aproximadamente cada 20 días desde el momento de la plantación (fines de agosto) y hasta octubre, luego cada 15 días hasta mediados de marzo y a partir de allí una vez por mes hasta mediados de junio, retomándose los mismos a partir de mediados de agosto del año siguiente.

Se efectuó dos escardas manuales con azada, para controlar el desarrollo de las malezas, una en diciembre y otra en febrero, a pesar de esto y debido a las características del agua, y el recorrido que hace la misma hasta llegar a la parcela (recorre muchos kilómetros por canales y acequias donde recibe un gran aporte de semillas de diversas malezas, muchas de ellas muy agresivas), se llegó al mes de marzo con una importante cantidad de malas hierbas, que en algunos casos representaron una seria competencia para las plantas.

Al cabo del primer período de crecimiento vegetativo, se cortó todos los fustes de los árboles existentes en cada una de las parcelas a 10 cm de la superficie del suelo.

Con posterioridad se dejó crecer libremente los fustes producidos en cada una de las plantas rebrotadas por un período de tiempo de dos años, realizando solo los riegos y control de malezas adecuados para el normal desarrollo del cultivo.

## Toma de Datos al Primer Ciclo de Corta

Al cabo del primer ciclo de corta (tres años desde plantación; dos años desde el rebrote), nuevamente se cortaron los fustes producidos por todas las plantas presentes en la parcela, a 15 cm de la superficie del suelo.

Se pesó *in situ* todos los fustes producidos por 60 plantas (20 plantas en cada una de las tres repeticiones) para así obtener el peso fresco individual de cada fuste, el total de cada planta y el de cada parcela.

A los datos parcelarios de peso fresco obtenidos se les aplicó el análisis de la varianza y, en caso de ser estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ), se realizó una prueba de Tukey para comparar las medias de tratamientos.

Las correlaciones fueron determinadas por medio de análisis de regresión y correlación lineal simple.

Se tomó sub muestras (una planta completa de cada diez) del material vegetal extraído y se lo llevó a estufa a temperatura de 105°C hasta peso constante, a fin de determinar el peso seco por planta, posteriormente ese valor se usó para (por extrapolación) determinar el peso seco por parcela y luego para expresar en kg y t la materia seca producida por hectárea.

## RESULTADOS

### Peso Fresco

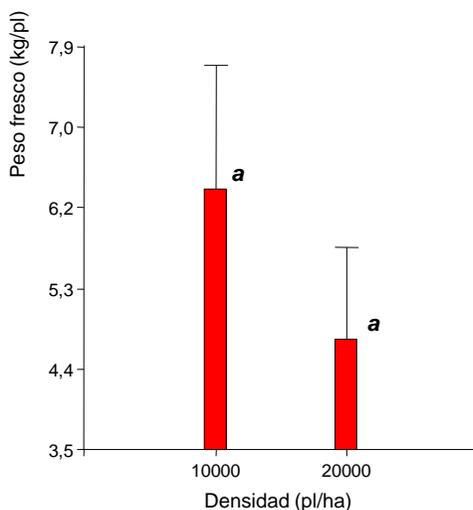
La producción de peso fresco (kg/planta) con densidad de plantación de 10.000 plantas/ha, fue de  $6,38 \pm 2,32$  kg/planta. En cambio para la densidad de 20.000 plantas/ha, fue de  $4,74 \pm 1,73$  kg/planta.

Puede advertirse que los intervalos dados por los valores mínimos y máximos para cada densidad se sobrepone entre ambos (Cuadro N° 1).

**Cuadro N° 1**  
**PESO FRESCO POR PLANTA, PROMEDIO, MÍNIMO Y MÁXIMO SEGÚN DENSIDAD**

Densidad (plantas/ha)	Peso Fresco por Planta (kg)		
	Promedio	Mínimo	Máximo
10.000	6,38	3,82	8,34
20.000	4,74	3,23	6,63

El análisis de la varianza resultó no significativo ( $p=0,38$ ), por lo cual no hay evidencia experimental de que la densidad de plantación tenga influencia en la producción de biomasa en *Eucalyptus camaldulensis*.



**Figura N° 3**  
**PESO FRESCO DE BIOMASA SEGÚN DENSIDAD DE PLANTACIÓN**

### Peso Seco

El porcentaje de materia seca, respecto de materia en verde (% peso a peso), determinado para la biomasa cosechada fue de 49,60%. A partir de este dato se estimó el peso seco de cada planta y posteriormente, teniendo en cuenta la densidad de plantación, el peso seco de biomasa por hectárea y por año.

**Cuadro N° 2**  
**PESO SECO PROMEDIO, MÍNIMO Y MÁXIMO SEGÚN DENSIDAD**

Densidad (plantas/ha)	Peso Seco por Planta (kg)		
	Promedio	Mínimo	Máximo
10.000	3,175	1,894	4,135
20.000	2,366	1,735	3,521
	Peso Seco por Hectárea por Año (kg/ha/año)		
10.000	15.875	9.470	20.675
20.000	23.660	17.350	35.210

### DISCUSIÓN

En primer lugar se puede mencionar que el porcentaje de materia seca respecto de la biomasa en fresco obtenido (49,60%) es levemente superior al determinado por Forrest y Moore (2008) de 46,78% en fustes de un año para la misma especie.

Las producciones de biomasa seca de 15,87 t/ha/año (toneladas por hectárea y por año) y 23,66 t/ha/año, en densidades de 10.000 plantas/ha y 20.000 plantas/ha, respectivamente, son

muy superiores a las 11 t/ha a 1 año de edad hasta las 153 t/ha a los 9 años de edad producidas por *Eucalyptus globulus* en Etiopía (Zewdie *et al.*, 2009) y a las 16,2 t/ha y 22,2 t/ha (peso por árbol de 0,2 a 32,1 kg y de 0,3 a 31,1 kg, respectivamente) de materia seca a los tres años, con *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus occidentalis*, en la región semiárida de Australia, citadas por Sochacki *et al.* (2007).

Resultan algo mayores a las mencionadas por Forrest y Moore (2008) en *Eucalyptus gunnii*, con cosechas anuales durante 14 años y rendimientos de 12,59 a 15,4 t/ha/año y por Purse y Richardson (2001), que con *Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus gunnii* e híbrido de *Eucalyptus gunnii* x *Eucalyptus dalrympleana*, estiman producciones de 10 a 15 t/ha/año, en turnos de corta sugeridos de 8 a 10 años

Valores similares de producción (Luger 1999) son mencionados en rotaciones anuales con *Eucalyptus globulus* (17 t/ha/año) y con *Eucalyptus camaldulensis* (20,9 t/ha/año), y otros obtenidos en Grecia con *Eucalyptus camaldulensis*, con riego y fertilización de 25,6 t/ha/año.

Por último, estos valores son menores a las producciones de 90 t/ha en *Eucalyptus globulus*, 65,3 t/ha en *Eucalyptus ovata* y 49,3 t/ha en *Eucalyptus botryoides*, regados con agua de efluentes y, turno de corta de 3 años, citados por Guo *et al.* (2006).

## CONCLUSIONES

El *Eucalyptus camaldulensis* demuestra ser una especie de buen comportamiento en cultivos de alta densidad de plantación y con cortos turnos de cosecha, regados con aguas provenientes de efluentes domiciliarios. Este recurso hídrico es apto para el riego de este tipo de cultivos, posibilitando el establecimiento, mantenimiento y desarrollo del mismo.

No se observó diferencias estadísticamente significativas en el peso promedio de las plantas respecto de las dos densidades evaluadas.

En el tiempo de implantación del ensayo no se observó la presencia de plagas o enfermedades sobre las plantas.

## RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen a la empresa Cuyoplacas SA, que ha cedido el terreno en donde está instalado el ensayo, y a A la Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado de la UNCuyo, al Instituto de Energía de la Universidad Nacional de Cuyo y a la empresa YPF SA que han financiado la investigación.

## REFERENCIAS

**Arreghini, R.; Bustamante, J. y Paladini, E., 1997.** Comportamiento en vivero de eucaliptos australianos en Mendoza. Actas del II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Posadas, Misiones.

**Calderón, A. y Bustamante, J., 2003.** Comportamiento de *Eucalyptus spp.* en Mendoza, (Argentina) Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, U.N. de Cuyo, Tomo XXXV N° 2. 45-52.

**Forrest, M. and Moore, T., 2008.** *Eucalyptus gunnii*: A possible source of bioenergy? Biomass and bioenergy 32 978-980.

**Guo, L.; Sims, R. and Horne, D., 2006.** Biomass production and nutrient cycling in *Eucalyptus* short rotation energy forests in New Zealand: II. Litter fall and nutrient return. Biomass and bioenergy 30 393-404.

**Gutierrez, I. y Ares, A., 1993.** Frecuencia de riego en álamos en el valle inferior del Río Colorado provincia de Buenos Aires. Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Paraná, Entre Ríos.

**Luger, E., 1999.** Eucalypt – Introduction as energy crop.

Disponible en [http://www.bl.t.bmlf.gv.at/vero/veroeff/0797\\_Eucalypt\\_introduction\\_e.pdf](http://www.bl.t.bmlf.gv.at/vero/veroeff/0797_Eucalypt_introduction_e.pdf) (Consultada 16/08/2010)

**Purse, J. G. and Richardson, K., 2001.** Short rotation single stem tree crops for energy in the UK- an examination with *Eucalyptus*. Aspects of applied Biology N° 65. Biomass and Energy Crops II. 13-19.

**Riu, N. y Settepani V., 2004.** Requerimiento hídrico álamos de 6 años en Rivadavia, Mendoza (Argentina) Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo, Tomo XXXVI, N°1, 63-68.

**Senelwa, K. and Sims, R., 1999.** Fuel characteristics of short rotation forest biomass Biomass and bioenergy 17 127-140.

**Sochacki, S.; Harper, R. and Smettem, K., 2007.** Estimation of woody biomass production from short-rotation bio-energy system in semid-arid Australia. Biomass and bioenergy 31 608-616.

**Tubby, I. and Armstrong, A., 2002.** Establishment and Management of short rotation coppice. Practice Note , September 2002. Forestry Commission. 12 páginas

**Zewdie, M.; Olsson, M. and Verwijst, T., 2009.** Above-ground biomass production and allometric relations of *Eucalyptus globulus* Labill. Coppice plantations along a chronosequence in the central highlands of Etiopia. Biomass and bioenergy 33 421- 428.

# EFFECTO DEL RALEO EN EL CRECIMIENTO Y ALGUNAS PROPIEDADES DE LA MADERA DE *Eucalyptus nitens* EN UNA PLANTACIÓN DE 15 AÑOS

Díaz, Sandro<sup>4</sup>; Lasserre, Jean P.<sup>1</sup>; Espinosa, Miguel<sup>2</sup>;  
Valenzuela, Luis<sup>2</sup> y Cancino, Jorge<sup>2</sup>

## RESUMEN

El raleo tiene implicancias económicas y técnicas, tanto para la producción forestal como para la actividad industrial.

En el presente estudio se realizó la evaluación de un ensayo de intensidad de raleo en *Eucalyptus nitens* de 15 años de edad, localizado en la precordillera andina de Mulchén, Región del Bio Bio, Chile, intervenido a los 7 y 9 años, con densidades residuales de 300, 400, 500, 700 y un tratamiento testigo con 1070 arb/ha.

El objetivo fue conocer el efecto del raleo en el crecimiento en el diámetro, la altura, el coeficiente de esbeltez, los índices de competencia área potencialmente aprovechable (APA), el área de proyección de copas (APC) y las propiedades de la madera; densidad básica, módulo de elasticidad dinámico (MOEd) y tensiones de crecimiento evaluadas con la deformación residual longitudinal de la fibra (DRL).

También se evaluó el efecto de la orientación del fuste en las propiedades de la madera.

Los resultados mostraron que el raleo afectó el diámetro, coeficiente de esbeltez, APA y APC, no así la altura.

Respecto de las propiedades de la madera evaluadas, el raleo no tuvo efecto en la densidad básica de la madera y en la DRL.

El MOEd fue afectado por el raleo, pero sin mostrar claras tendencias respecto de la intensidad del raleo.

La orientación del fuste afectó el MOEd y las tensiones de crecimiento de los árboles (DRL), con valores significativamente mayores en la orientación sur.

Palabras clave: *Eucalyptus nitens*, raleo, densidad básica, módulo de elasticidad, tensiones de crecimiento.

---

<sup>4</sup>Forestal Mininco S.A. Casilla 43-C, Concepción, Chile. sandro.diaz@forestal.cmpc.cl

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción, Concepción. Chile.

## SUMMARY

Thinning has significant technical and economic implications for both, forest managers and industrial end users.

This paper reports the results of a thinning intensity trial undertaken in a 15-year-old *Eucalyptus nitens* plantation, located in the Andean foothills Mulchén, Region Bio Bio, Chile. Thinning operations were carried out at 7 and 9 years, with final stocking densities of 300, 400, 500, 700 and a control treatment of 1070 stems per hectare.

The aim was to determine the effect of thinning intensity on growth of stem diameter, height, stem slenderness ratio, competition indices: area potentially available (APA), crown projection area (APC) and some important solid-wood properties such as basic density, dynamic modulus of elasticity (MOEd) and growth stresses evaluated as residual longitudinal growth strain (DRL).

Also the influence of stem aspect in the wood properties was evaluated.

The results obtained indicate that the thinning intensity affect the diameter, slenderness index, APA and APC, but no effect was found in total tree height.

Regarding wood properties, thinning had no effect on the basic wood density and the DRL. Conversely the MOEd was affected by thinning, but without a clear trend regarding thinning intensity.

The stem aspect affected the MOEd and DRL, with significantly higher values in the south-facing aspect.

Keywords: *Eucalyptus nitens*, thinning, wood basic density, modulus of elasticity, growth stress.

## INTRODUCCIÓN

En Chile existen 168 mil hectáreas plantadas de *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) y es una de las especies que exhiben las más altas tasas de crecimiento volumétrico de todas las plantaciones comerciales del país (INFOR, 2010). Respecto de su uso, aunque *E. nitens* ha tenido un alto grado de desarrollo y aceptación como materia prima para la fabricación de celulosa, estudios sobre la calidad de su madera para la generación de productos sólidos son aún escasos.

En términos generales, *E. nitens* es considerada una especie con buena aptitud para uso estructural (Nutto y Touza, 2004, Nolan *et al.*, 2005, Baker y Volker, 2007) cuando es medida a través del módulo de elasticidad (Roth *et al.* 2007). Por otro lado, con respecto a la densidad básica de la madera, que se relaciona con rendimientos y propiedades de la pulpa y el papel (Megraw, 1986, Kennedy, 1995), *E. nitens* es considerada una especie de densidad media. Sin embargo, para usos sólidos, entre las principales limitaciones de la madera de *E. nitens*, destacan su alta variabilidad física y mecánica, además de defectos generados por altas tensiones de crecimiento que se manifiestan en rajaduras, colapso y grietas que disminuyen el aprovechamiento de la madera (Valencia, 2008).

El manejo silvícola con podas y raleos ha sido una de las herramientas que los silvicultores han utilizado en *E. nitens* para lograr una mayor diversificación de productos y por lo tanto aumentar el valor del patrimonio forestal. Aunque la superficie manejada de *E. nitens* ha aumentado lenta pero sostenidamente en el país (INFOR, 2007), son escasos los estudios que evalúan el efecto del manejo en el crecimiento de los árboles (Stöckle, 1996, Celhay *et al.*, 1999, Muñoz *et al.*, 2005) y menos aún, los que relacionan el efecto del raleo en las propiedades de la madera.

Dado que el conocimiento de los factores que influyen en la calidad de la madera, es vital para mejorar el valor de las plantaciones (Sarén *et al.*, 2004) y que *E. nitens* es una especie de gran interés para la industria forestal chilena, los objetivos de este estudio fueron los que se indica a continuación.

## OBJETIVOS

- Evaluar el efecto del raleo en el desarrollo en diámetro, altura, coeficiente de esbeltez y los índices de competencia área potencialmente aprovechable y área de proyección de copas.
- Evaluar el efecto del raleo en la densidad básica de la madera, en el módulo de elasticidad dinámico y en las tensiones de crecimiento.
- Evaluar el efecto de la orientación del fuste en las propiedades de la madera.
- Relacionar variables de estado e índices de competencia de los tratamientos de raleo con las propiedades de la madera.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Características del Sitio

El área de estudio se ubica en el Fundo Huallenco, de propiedad de Forestal Mininco SA, localizado en la precordillera andina de Mulchén, Región del Bio Bio, Chile (37° 51' LS y 72° 07' LO), a una altitud de 340 m.

Tiene una topografía plana y pendientes inferiores a 7%. La precipitación promedio anual supera los 1000 mm, distribuidos en un 80% entre los meses de abril a octubre.

Las temperaturas promedio oscilan entre los 5 °C la mínima y los 21 °C la máxima

(registro histórico estación meteorológica de Forestal Mininco SA).

El suelo es un trumao derivado de cenizas volcánicas, profundo, con drenaje interno moderado a rápido, generalmente rico en materia orgánica y de buena productividad (Schlatter *et al.* 1994).

### Descripción del Ensayo

El efecto del raleo en el crecimiento de los árboles y algunas propiedades de la madera, se evaluó en una plantación de *E. nitens* de 15 años de edad, en 18 parcelas experimentales de 1000 m<sup>2</sup> (31,6 x 31,6 m), cada una de ellas rodeada de un área *buffer* de 10 m, con el mismo tratamiento para evitar el efecto de borde.

Las parcelas fueron se establecidas a los siete años de edad, según un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones.

Los raleos fueron ejecutados a los siete y a los nueve años, con las siguientes densidades residuales (Cuadro N° 1).

**Cuadro N° 1**  
**DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO Y SUS TRATAMIENTOS**

Código	Tratamiento
T1	300 árboles/ha, con raleo a los 7 años
T2	500 árboles/ha, con raleo a los 7 años
T3	700 árboles/ha, con raleo a los 7 años
T4	300 árboles/ha, con raleo a los 7 y 9 años
T5	400 árboles/ha, con raleo a los 7 y 9 años
T6	1.070 árboles/ha, sin raleo (Testigo)

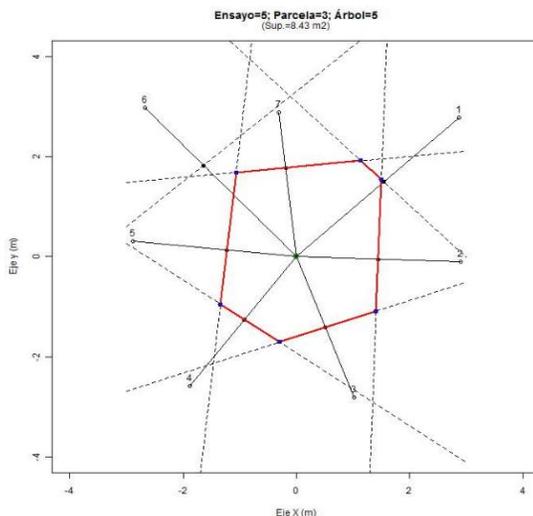
### Medición de Variables y Cálculos

Para determinar el efecto del raleo en el crecimiento de los árboles y en las propiedades de la madera, densidad básica, módulo de elasticidad dinámico y en las tensiones de crecimiento, se usó una muestra de 10 árboles del área *buffer* por parcela, distribuidos por clase diamétrica (30 individuos por tratamiento, 180 árboles en total).

A cada árbol se le midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total y con estas dos variables se calculó el coeficiente de esbeltez (altura/DAP). Adicionalmente se midieron los índices de competencia, Área Potencialmente Aprovechable (APA) y el Área de Proyección de Copas (APC) con la finalidad de establecer relaciones con variables de estado (DAP, altura y esbeltez) y con las propiedades de la madera evaluadas.

#### -Medición de APA y APC

El APA se determinó midiendo el rumbo y la distancia entre un árbol y sus vecinos más cercanos, formando un polígono alrededor del árbol, cuyos lados son rectas trazadas entre los árboles competidores inmediatos y el árbol muestreado. Las intersecciones entre estas rectas definen los vértices del polígono, de manera que la suma de sus áreas es igual al total de la superficie (Prodan *et al.*, 1997), como se muestra en la Figura N° 1.



**Figura N° 1**  
**REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA MEDICIÓN DEL ÁREA POTENCIALMENTE APROVECHABLE**

Para determinar el APC se midió la distancia desde el centro del fuste hasta donde termina la proyección de la copa de cada árbol, en los cuatro sentidos cardinales. Estas medidas se hicieron con el apoyo de un espejo fijado en una superficie de madera lisa que tiene adheridos en sus bordes dos niveles. Con las distancias se calculó el APC (m<sup>2</sup>), mediante la expresión:

$$APC = \pi * r^2$$

Donde: "r" es el promedio de las distancias N-S-E-W.

#### **-Medición de la Densidad Verde y Densidad Básica de la Madera**

Para determinar la densidad verde y densidad básica de la madera, en cada árbol se sacaron tarugos de 12 mm, en dirección Norte-Sur a la altura del DAP (corteza-médula-corteza) y se enviaron al laboratorio en un tubo sellado, para luego pesarlos y posteriormente medir su volumen por desplazamiento de agua, siguiendo las recomendaciones del método B de la norma americana ASTM D-2395 (ASTM, 1998).

#### **-Medición del Módulo de Elasticidad Dinámico (MOEd)**

En árboles en pie se midió el tiempo de vuelo (Tv) de una onda acústica entre dos puntos de distancia conocida (l) y mediante la relación l/Tv se obtuvo la velocidad de la onda acústica (V). Con este valor, más la densidad verde ( $\rho$ ), se obtuvo el MOEd mediante la siguiente expresión:

$$MOEd = \rho V^2$$

El Tv se midió con el instrumento portátil FAKOPP, realizando dos lecturas en cada árbol, una sobre la cara norte del fuste y otra sobre la cara sur. Los sensores acústicos fueron ubicados a una altura de 1 m desde el suelo y a 1 m de distancia entre sí. Este mismo método llamado "tiempo de vuelo", ha sido usado por otros autores (Chauhan y Walker, 2006, Lasserre *et al.*, 2008).

## -Medición de Tensiones de Crecimiento

Se midió las tensiones de crecimiento a todos los árboles con un instrumento denominado Extensómetro, siguiendo el protocolo desarrollado por el centro de investigación CIRAD-Forêt, de Francia y utilizado por varios investigadores (Valdes, 2004, Yang *et al.*, 2005, Valencia, 2008).

Se realizó dos mediciones opuestas por árbol, aplicando el procedimiento a la altura del DAP y definiendo la orientación de una primera ventana en sentido norte y la otra hacia el sur. Las mediciones fueron hechas en verano, con un protocolo muy riguroso que considera la medición sin viento, permitiendo la estabilidad vertical del árbol sin afectar la medición del instrumento. Aquí se midió el desplazamiento de la fibra en dirección longitudinal, como una medida directa de la tensión liberada y denominada deformación residual longitudinal (DRL), en milímetros.

## Análisis de Datos

Se realizó un análisis estadístico utilizando el programa SAS (SAS Institute Inc., 2000), relacionando todas las variables de estado e índices de competencia y las propiedades de la madera, con cinco de las seis densidades residuales consideradas (300, 400, 500, 700 y testigo).

Los tratamientos con 300 arb/ha de densidad residual, en uno o dos raleos, se agruparon debido a que no presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

Se aplicó análisis de varianza para detectar evidencias de diferencias estadísticas entre los tratamientos, utilizando el test de Tukey para separar las medias cuando los efectos mostraron ser significativos ( $p \leq 0.05$ ).

Se realizó el análisis de varianza de cada variable por separado y luego se determinó el grado de relación entre las variables, con la matriz de correlación de Pearson.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto del Raleo en las Variables de Estado e Índices de Competencia

En el Cuadro N° 2 se presenta el promedio de las mediciones de DAP, altura, coeficiente de esbeltez, APA y APC, con sus correspondientes desviaciones estándar (DE).

**Cuadro N° 2**  
**VARIABLES DE ESTADO E ÍNDICES DE COMPETENCIA, EN *E. nitens* DE 15 AÑOS DE EDAD**

Densidad Residual (arb/ha)	DAP (cm)	DE	Altura (m)	DE	CE (m/cm)	DE	APA (m <sup>2</sup> )	DE	APC (m <sup>2</sup> )	DE
300	<u>42,0</u> a	6,6	<u>41,2</u> a	3,7	1,00 b	0,14	<u>36,4</u> a	12,5	<u>22,3</u> a	8,6
400	38,6 ab	6,6	40,6 a	4,0	1,07 b	0,14	29,6 b	13,5	<u>22,5</u> a	9,5
500	35,7 bc	7,7	40,8 a	4,9	1,17 a	0,18	20,2 c	7,5	14,9 b	7,0
700	34,9 bc	7,1	39,6 a	4,5	1,17 a	0,22	15,9 cd	5,9	13,7 b	6,1
Testigo	32,7 c	7,1	<u>39,3</u> a	4,9	<u>1,24</u> a	0,22	12,0 d	3,4	11,1 b	5,3

DAP: Diámetro a la altura del pecho (1,3 m)

APA: Área potencialmente aprovechable

DE: Desviación estándar

APC: Área proyección de copa

CE: Coeficiente esbeltez

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

En cada columna se destacan en negrita aquellos tratamientos que no presentan diferencias significativas con el mayor valor observado (subrayado)

### **-Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)**

El DAP mostró una tendencia a disminuir a medida que la densidad residual es mayor. Los dos tratamientos raleados más intensamente (300 y 400 arb/ha residual) fueron estadísticamente diferentes respecto al DAP del testigo, alcanzando valores promedio mayores en 9,3 y 5,9 cm, respectivamente (Cuadro N° 2).

El resultado mencionado fue consistente con otros estudios para *E. nitens* (Neilsen y Pinkard, 1999, Medhurst y Beadle, 2000, Medhurst *et al.*, 2001, Muñoz *et al.*, 2005, Nolan *et al.*, 2005) en los que se demostró que el mayor incremento en DAP se encontró en los tratamientos más intensamente raleados. Así también, otros estudios demuestran que los raleos alteran las condiciones medioambientales necesarias para el crecimiento, incrementando la disponibilidad de agua, luz y nutrientes para los árboles remanentes (Medhurst *et al.*, 2002).

### **-Altura**

El crecimiento en altura de los árboles no fue afectado por la intensidad del raleo (Cuadro N° 2), esto es consistente con lo registrado en otros estudios (Medhurst *et al.* 2001, Muñoz *et al.* 2005), sin embargo, tiene una tendencia decreciente con la densidad residual, registrándose diferencias de casi dos metros de altura, entre el tratamiento de menor densidad residual y el testigo (Cuadro N° 2).

### **-Coeficiente de Esbeltez**

El coeficiente de esbeltez (razón altura/diámetro) es estadísticamente menor en los tratamientos de 300 y 400 arb/ha, respecto de los tratamientos con mayor densidad residual y el testigo (Cuadro N° 2). Dado que el coeficiente de esbeltez es función de la densidad y que el raleo afecta en mayor medida el crecimiento en diámetro que en altura, este tiende a aumentar a medida que aumenta la densidad residual. Mantener la razón altura/diámetro bajo 1, se estima reduce la susceptibilidad de los árboles a daños por viento y nieve (Cremer *et al.*, 1982, Wilson y Oliver, 2000). Por ello, este coeficiente se considera un buen indicador para prescribir la oportunidad de los raleos; a mayor esbeltez los árboles son más susceptibles a sufrir daños por viento, por lo tanto, es una variable que condiciona la intensidad del raleo.

### **-Área Potencialmente Aprovechable (APA)**

Como era de esperar, el índice de competencia para árboles individuales, área potencialmente aprovechable (APA), tiende a aumentar a medida que la densidad disminuye. Los árboles del tratamiento con 300 arb/ha tienen un APA promedio de 36,4 m<sup>2</sup>, valor significativamente mayor que los restantes tratamientos de raleo y tres veces superior a los 12,0 m<sup>2</sup> del testigo (Cuadro N° 2).

### **-Área de Proyección de Copa (APC)**

El raleo también tuvo un efecto significativo en el área de proyección de la copa (APC). En promedio, cada árbol de los tratamientos con 300 y 400 arb/ha, cubren más de 22,3 m<sup>2</sup> de terreno con su copa, mientras el testigo sólo 11,1 m<sup>2</sup> (Cuadro N° 2), 100% menos de cobertura por árbol. Las mayores dimensiones de los árboles de las parcelas más intensamente raleadas explican estos resultados.

La eficiencia de uso del sitio como índice de competencia, se puede analizar con la relación APC/APA, que proporciona un indicador relativo de cómo las copas son capaces de usar la mayor cantidad de espacio disponible, dependiendo de la intensidad del raleo.

En este estudio los valores varían desde 61% en el caso de 300 arb/ha, hasta 93% en las parcelas testigo, lo que indicaría un dosel cerrado o una ocupación casi total del área aprovechable por cada árbol y por consiguiente mayor competencia y menor crecimiento individual.

## Efecto del Raleo en las Propiedades de la Madera

Las propiedades de la madera, densidad básica, MOEd y las tensiones de crecimiento, evaluadas a través de la deformación residual longitudinal de la fibra (DRL) y sus correspondientes desviaciones estándar (D.E.), son presentadas en el Cuadro N° 3.

Para la densidad básica de la madera se presenta el valor promedio de los tarugos, por tratamiento. Los valores de MOEd y DRL, corresponden al promedio de las mediciones norte - sur, por árbol y tratamiento, más adelante se analizará el efecto de la orientación del fuste.

**Cuadro N° 3**  
**PROPIEDADES DE LA MADERA DE *E. nitens* DE 15 AÑOS DE EDAD**

Densidad Residual ( arb/ha )	Densidad Básica		MOEd		DRL	
	Promedio ( kg/m <sup>3</sup> )	DE	Promedio ( Gpa )	DE	Promedio ( mm )	DE
300	<b>489,7 a</b>	36,4	15,4 b	1,9	<u><b>0,156 a</b></u>	0,077
400	<b>473,4 a</b>	28,1	15,0 b	2,2	<b>0,152 a</b>	0,078
500	<b>476,6 a</b>	35,8	15,5 b	2,0	<b>0,138 a</b>	0,070
700	<u><b>492,2 a</b></u>	36,7	<u><b>16,3 a</b></u>	2,2	<b>0,146 a</b>	0,069
Testigo	<b>484,2 a</b>	29,2	15,5 b	2,1	<b>0,141 a</b>	0,079

MOEd: Módulo de elasticidad dinámico

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

DRL: Deformación residual longitudinal

DE: Desviación estándar

En cada columna se destacan en negrita aquellos tratamientos que no presentan diferencias significativas con el mayor valor observado (subrayado)

### -Densidad Básica

La densidad básica no presentó diferencias significativas entre tratamientos, con valores promedio que varían entre 473,4 y 492,2 kg/m<sup>3</sup> (Cuadro N° 3), lo que indicaría que el raleo no afectaría esta variable, importante para el uso industrial por su relación directa con el rendimiento pulper de la madera.

El efecto del espaciamiento y los raleos sobre latifoliadas ha sido poco reportado; Higgs (1969) en *Eucalyptus grandis* encontró mayores largos de fibra, pero sin cambios en densidad básica.

En la misma especie, Schönau (1974) indica que la densidad básica no fue afectada por el espaciamiento.

En *Eucalyptus saligna* los cambios en densidad residual no afectaron la densidad básica (Guimaraes, 1965; Ferreira, 1968; Zobel y Sprague, 1998). En *E. nitens*, Muñoz *et al.* (2010) indican que la densidad básica promedio del rodal no es afectada por la densidad residual del rodal.

Según Zobel y Van Buijtenen (1989) el efecto de los raleos en la densidad básica de la madera es importante en los primeros 4 años después del raleo. En este estudio se evaluó el efecto del raleo 8 y 6 años después de efectuada esta intervención, sin registrarse diferencias significativas.

En este ensayo para *E. nitens* de 15 años de edad, el promedio de densidad básica de todos los tratamientos es de 483 kg/m<sup>3</sup> con una desviación estándar de 33 kg/m<sup>3</sup>, valor similar a otros estudios relacionados, en la misma especie (Farrel *et al.*, 2010).

## **-Módulo de Elasticidad Dinámico (MOEd)**

La intensidad de raleo no tiene un efecto claro de aumentar o disminuir el MOEd. Solo el tratamiento de 700 arb/ha presentó diferencias significativas en el MOEd, con un valor promedio de 16,3 GPa (Cuadro N° 3). Este valor, así como el de los restantes tratamientos que varían entre 15,0 y 15,5 GPa, es alto comparado con los reportados en otras publicaciones (Yang y Evans, 2003, Valencia, 2008, Farrel *et al.*, 2008).

Warren *et al.* (2009) determinaron que el MOEd, en tres especies de eucalipto, evaluado a los seis años, varió solo en bajas densidades de plantación. Con más de 1.250 arb/ha no mostró aumento significativo en la rigidez de los árboles. Por el contrario, Waghorn *et al.* (2007) determinaron que el MOEd aumentó con la densidad de 5,1 a 7,0 GPa entre 275 y 2.551 arb/ha en pino radiata de 17 años. La misma tendencia encontraron Lasserre *et al.* (2008) en rodales de esta especie de 11 años de edad, evaluando dos sitios, tres clones y dos densidades (833 y 2500 arb/ha) y también Valencia (2008) en *E. nitens* de 22 años.

El MOEd a lo largo de la fibra, que es una función de la velocidad de la onda acústica y la densidad de la madera, se ha demostrado que se correlaciona bien con el MOE estático (Carter *et al.*, 2005). Sin embargo, esta onda acústica viaja en forma tangencial entre ambos puntos (emisor y receptor), por lo que el sistema adolece de una imprecisión en la determinación de la propiedad de la madera en la parte central del trozo, aun así, es un buen indicador de la aptitud estructural de la madera, superando en todos los tratamientos el límite inferior de 10 GPa (Farrel *et al.*, 2008).

## **-Deformación Residual Longitudinal (DRL)**

Las tensiones de crecimiento no pueden ser medidas en forma directa, es necesario medir el DRL y el MOEd, sin embargo, según De Fégely (2004) y Raymond *et al.* (2004), el DRL por sí solo es un buen indicador de las tensiones de crecimiento de los árboles.

El DRL no presenta diferencias significativas entre las densidades residuales evaluadas (Cuadro N° 3), lo que indicaría que las intensidades de raleo consideradas no afectarían las tensiones de crecimiento de los árboles, característica de la madera de *E. nitens* que se manifiesta en rajaduras, colapso y grietas que disminuyen el aprovechamiento de la madera.

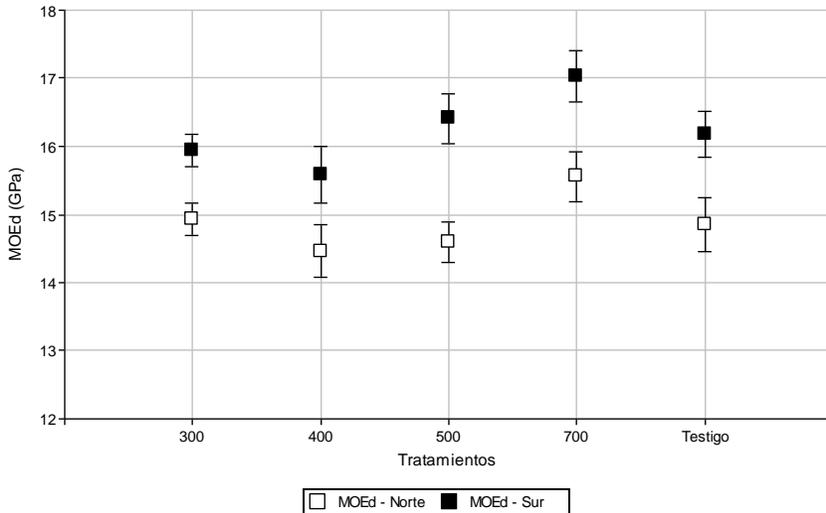
Este resultado coincide con lo registrado por Valencia (2008) en *E. nitens* de 22 años, creciendo en Tasmania, Australia, quien no encontró influencia del raleo en las tensiones de crecimiento. Sin embargo, Ferrand (1983) determinó bajos niveles de DRL en tratamientos intensamente raleados, no así en raleos de baja intensidad.

Los valores de DRL de este estudio son menores a los encontrados por Valdés (2004) en *E. nitens* de 13 años de edad, que compara 10 familias en dos huertos semilleros de distinto sitio, con un promedio de 0,244 mm, teniendo ambos huertos aproximadamente 400 arb/ha. En su estudio Valdés encontró diferencias entre familias, no así entre los sitios. De igual forma, Mutizabal (2007) no encontró diferencias entre el nivel de tensiones de tres procedencias de *E. nitens* (Toorong, Tallaganda y Errinundra) de 17 años y 200 arb/ha, con raleo a los cinco años de edad.

Esta variabilidad de resultados puede ser atribuida a factores genéticos, tratamientos silviculturales, condiciones del medio ambiente, como sitio, elevación y exposición al viento, entre otras (Chauhan, 2004). Nolan *et al.* (2005) sugieren que la reducción de las tensiones de crecimiento debe ser un objetivo importante en las plantaciones gestionadas para productos de madera sólida.

## **Efecto de la Orientación del Fuste en Propiedades de la Madera**

El efecto de la orientación del fuste en el MOEd promedio y su correspondiente error estándar de medición, para cada tratamiento de raleo, en los sentidos norte y sur, son presentados en la Figura N° 2.



**Figura N° 2**  
**MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO SEGÚN TRATAMIENTO Y ORIENTACIÓN DEL FUSTE**

Es posible observar que la intensidad de raleo no tiene un efecto claro de aumentar o disminuir el MOEd, sin embargo sí se encontró diferencias significativas entre la orientación norte y sur ( $p \leq 0.05$ ). Esta siempre es mayor en el sentido sur (Figura N° 2), con un promedio de 16,2 GPa, que en el Norte con 14,9 GPa. La diferencia es un 8.7% más de MOEd en el sur.

Bascuñán (2004), en pino radiata, encontró que las diferencias en la rigidez de la madera entre el lado de sotavento (sentido contrario a los vientos dominantes) y barlovento (sentido de los vientos dominantes) de un árbol, pueden ir desde cero hasta un máximo de 55%. Estas diferencias aumentan con la edad de los árboles, la inclinación de los fustes y si el árbol está situado en el borde del rodal. Encontró que en promedio el lado de sotavento de los árboles presenta una mayor rigidez que el lado de barlovento. Los valores de la rigidez de sotavento fueron entre 10 a 18% más altos que los del fuste de barlovento.

Estos resultados concuerdan con las observaciones formuladas por Grabianowski (2003), quien hizo una comparación entre las velocidades acústicas de los diferentes lados de 11 árboles de pino radiata de 27 años de edad, donde encontró diferencias entre el lado sureste del fuste, con mayores velocidades que los lados noroeste y noroeste, respectivamente. En su estudio, el lado sureste (sotavento), es el lado donde era esperable madera de compresión debido al viento predominante del noroeste (barlovento).

Por el contrario, los resultados de este estudio, muestran una tendencia clara y con diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), arrojando siempre mayores valores en la cara sur (barlovento), debido probablemente a la formación de madera de reacción.

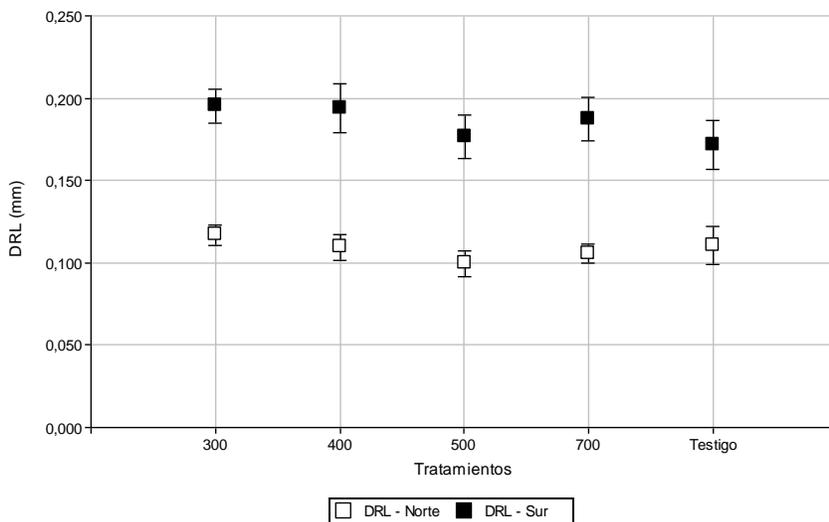
Según estos resultados, el comportamiento del MOEd o los niveles de velocidad acústica en *E. nitens* se producirían en orientaciones contrarias a los producidos en pino radiata.

Valencia (2008) encontró diferencias significativas en los niveles de velocidad acústica en *E. nitens*, con la misma tendencia que este estudio; mayor en la cara de la dirección del viento dominante.

Se ha planteado la hipótesis de que bajas densidades residuales permiten una mayor influencia del viento dentro del bosque y que a su vez esto podría dar lugar a que la rigidez de la madera disminuya.

Sin embargo, poco se sabe sobre el efecto del viento en la regulación de la rigidez de los árboles, en particular en especies de *Eucalyptus* (Warren *et al.*, 2009).

El efecto de la orientación del fuste en las tensiones de crecimiento evaluadas a través de la DRL promedio y su correspondiente error estándar de medición, para cada tratamiento de raleo, en los sentidos norte y sur, son presentados en la Figura N° 3.



**Figura 3**  
**DEFORMACIÓN RESIDUAL LONGITUDINAL SEGÚN TRATAMIENTO Y ORIENTACIÓN DEL FUSTE**

El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre tratamientos de raleo, pero sí respecto a la orientación norte y sur ( $p \leq 0.05$ ), siendo mayores los niveles de tensión liberada en el sentido sur (Figura N° 3), con un promedio de 0,185 mm, que en el Norte, con 0,108 mm. La diferencia corresponde a un 70.6% más de DRL en el sur.

Valencia *et al.* (2011) encontraron diferencias significativas del DRL en *E. nitens* de 22 años de edad, en Tasmania, Australia, con la misma tendencia que este estudio, siendo mayor en la cara de la dirección del viento dominante.

Kenneth (2001) establece que uno de los orígenes de las tensiones de crecimiento estaría en la formación de madera de reacción, en aquellos casos donde el hábito natural de crecimiento vertical de los árboles se ve alterado, ya sea por viento o inclinación del fuste.

Como respuesta a la distribución asimétrica de fuerzas dentro del fuste, el cambium produce madera de reacción en diferentes direcciones, según se trate de coníferas o latifoliadas.

En latifoliadas la madera de reacción, denominada madera de tensión, ocurre en el lado expuesto a las fuerzas que inclinan el árbol, produciendo fustes excéntricos debido a la tensión contráctil del fuste, para mantener la posición vertical del ápice (Telewski, 1995, Kenneth, 2001).

Otro factor que ha sido reportado como responsable del incremento de las tensiones de crecimiento en alguna orientación del fuste en diferentes especies de *Eucalyptus* es la asimetría de las copas, que puede incrementar el estrés de crecimiento en una cara del fuste, por lo tanto esto podría explicar los niveles más altos de DRL en la orientación del viento predominante (Raymond *et al.*, 2004; Yang, 2005; Cardoso *et al.*, 2005; Trugilho *et al.*, 2006).

La diferencia de DRL encontrada en este estudio entre las orientaciones norte y sur, hace recomendable generar nuevas investigaciones para evaluar el efecto de la madera de reacción (tensión) y las tensiones de crecimiento, relacionando principalmente variables ambientales (viento, entre otras) y de manejo silvicultural (espaciamiento inicial, asimetría de las copas, intensidad y oportunidad de raleos) con el proceso de aserrío y secado de la madera de *E. nitens*.

### **Relaciones entre Variables de Estado, Índices de Competencia y Propiedades de la Madera**

En general la altura, el coeficiente de esbeltez, el APA y el APC tienen alto grado de asociación lineal con el DAP, con coeficientes de correlación sobre 0,6 (Cuadro N° 4). Esta relación es lógica, al igual que el alto grado de correlación de los índices APA y APC, entre sí y con el coeficiente de esbeltez, ya que el diámetro es determinado por la competencia de los árboles, no así la altura, con bajas correlaciones.

En términos generales en *E. nitens* hay pocos reportes que relacionen la esbeltez con la calidad de la madera. En pino radiata, Watt *et al.* (2006) encontraron relación entre esbeltez y algunas propiedades de la madera, principalmente con MOE.

Una relación positiva significativa encontraron Lasserre *et al.* (2005) entre la densidad residual y la velocidad acústica medida en árboles en pie de pino radiata. La velocidad acústica y la rigidez de la madera fueron influenciadas positivamente por la densidad de plantación y negativamente por el diámetro.

La misma tendencia ha sido mencionada por Carter *et al.* (2005) y Chauhan y Walker (2006), con menor velocidad acústica en la medida que aumenta el diámetro. En este estudio el MOEd no presenta relación lineal con el diámetro.

De acuerdo a estos resultados, las propiedades de la madera evaluadas no tienen asociación lineal con respecto a las variables de estado e índices de competencia considerados. Las correlaciones MOEd vs DRL y MOEd vs D. Básica fueron significativas al 99,9% y 99,0% de nivel de confianza, respectivamente (Cuadro N° 4).

En otros estudios, Trugilho *et al.* (2004) y Valdés (2004) encontraron una relación positiva entre la DRL y el diámetro del árbol para 15 y 19 años de edad en *E. dunnii* y 13 años de edad en *E. nitens*.

Los resultados de este estudio no mostraron correlaciones significativas entre variables de estado y densidad básica, MOEd y DRL, lo que sería una herramienta práctica para que los silvicultores pudiesen manejar sus bosques hacia diferentes usos finales.

Sin embargo, el que los tratamientos de raleo no hayan afectado significativamente ninguna de las propiedades de la madera evaluadas, indicaría que, bajo las condiciones de este estudio, el raleo no tiene un efecto negativo en la calidad de la madera.

**Cuadro N° 4**  
**MATRIZ DE CORRELACIÓN DE PEARSON**

Variable	DAP	Altura	CE	APA	APC	DRL	MOEd
Altura	0,60 ***						
CE	-0,85 ***	-0,13 *					
APA	0,71 ***	0,39 **	-0,61 ***				
APC	0,77 ***	0,41 **	-0,67 ***	0,74 ***			
DRL	0,07 ns	0,05 ns	-0,07 ns	0,03 ns	0,07 ns		
MOEd	-0,02 ns	0,07 ns	0,05 ns	-0,08 ns	0,01 ns	0,57 ***	
D. Básica	0,08 ns	0,04 ns	-0,09 ns	0,06 ns	0,07 ns	0,16 *	0,44 **

DAP: Diámetro a la altura del pecho (1,3 m)

DRL: Deformación residual longitudinal,

CE: Coeficiente Esbeltez

MOEd: Módulo de elasticidad dinámico

APA: Área potencialmente aprovechable

D. Básica: Densidad básica de la madera.

APC: Área de proyección de copa

ns: No significativo ( $p \leq 0,05$ )

\*\* : Significativo  $P = 0,01$

\*: Significativo  $p = 0,05$

\*\*\* : Significativo  $P = 0,001$

## CONCLUSIONES

El raleo de *E. nitens* afectó significativamente algunos parámetros de estado del rodal, como el DAP, APA y APC. El DAP presentó un mayor desarrollo en tratamientos de menores densidades residuales, con más de seis cm de diferencia en promedio con respecto al testigo sin raleo.

La altura no presentó diferencias significativas, sin embargo muestra una tendencia decreciente en la medida que el número de árboles residuales aumenta. La razón altura/diámetro o coeficiente de esbeltez aumentó en la medida que la densidad residual es mayor.

Los índices de competencia presentan una tendencia decreciente, con diferencias significativas a favor de los tratamientos más intensamente raleados. El APA del tratamiento más intensamente raleado es tres veces el área del tratamiento testigo. Por su parte el APC de los tratamientos más intensamente raleados, es dos veces superior al testigo. La relación APC/APA fue afectada por el raleo, mostrando un mayor grado de competencia y menor crecimiento individual, en la medida que aumenta el número de árboles residuales.

Respecto de las propiedades de la madera, el raleo no tuvo efecto en la densidad básica de la madera y en las tensiones de crecimiento. El módulo de elasticidad dinámico sí presentó diferencias significativas, pero sin un efecto claro de aumentar o disminuir esta propiedad, en relación a las densidades residuales evaluadas.

En el DAP se aprecia una alta correlación con los índices de competencia, sin embargo no se registra una correlación significativa con las propiedades de la madera. El que los tratamientos de raleo no hayan afectado significativamente ninguna de las propiedades de la madera evaluadas, indicaría que, bajo las condiciones de este estudio, el raleo no tiene un efecto negativo en la calidad de la madera.

En el efecto de la orientación del fuste en el módulo de elasticidad dinámico y las tensiones de crecimiento, se aprecian valores significativamente mayores en la orientación sur. Se requiere mayor investigación respecto del efecto de la orientación y sus causas, ya que podría ser una herramienta muy útil para el manejo de las plantaciones y para relacionar otras variables como el efecto del viento, madera de reacción, evaluar genotipos con mejores propiedades, entre otros.

## REFERENCIAS

- ASTM, 1998.** Standard Test Methods for Specific Gravity of Wood-Based Materials (D-2395). Annual Book of ASTM Standards. Section 4, Construction vol 0410 Wood. American society for testing and materials. Easton. 666 p.
- Baker, T. and Volker, P. 2007.** Silviculture of Eucalypt plantations in Southern Australia for high-value solid wood products. *CIFOR*. 13: 43-57.
- Bascuñán, A., 2004.** The Influence of Wind on Radiata Pine Tree Shape and Wood Stiffness. Thesis for the Degree of Masters of Forestry Science. University of Canterbury, New Zealand. 122 p.
- Cardoso, A.; Trugilho, P.; Lima, J.; Rosado, S. and Mendes, L., 2005.** Longitudinal residual strain in different spacing and ages in hybrid clone of *Eucalyptus*. *Cerne* 11: 218-224.
- Carter, P.; Briggs, D.; Ross, R. and Wang, X., 2005.** Acoustic testing to enhance western forest values and meet customer wood quality needs. General Technical Report Pacific Northwest Research Station; PNW-GTR-642. Productivity of Western Forests: A Forest Products Focus. pp. 121-129.
- Celhay, J. A.; Bonnefoy, P. y Riquelme, F., 1999.** Efecto de la intensidad de poda sobre el crecimiento de *E. nitens*. En actas de Silvotecnía XII, simposio IUFRO: Realidad y potencial de Eucalipto en Chile: cultivo silvícola y su uso industrial. Concepción, Chile. 119-138.
- Chauhan, S., 2004.** Selecting and/or processing wood according to its processing characteristics. Thesis doctor of philosophy in forestry. School of Forestry. University of Canterbury. New Zealand.
- Chauhan, S. S. y Walker, J., 2006.** Variations in acoustic velocity and density with age, and their interrelationships in Radiata Pine. *Forest Ecology and Management* 229: 388-394.
- Cremer, K.; Borough, C.; Mckinnell, F. and Carter, P., 1982.** Effects of stocking and thinning on wind damage in plantations. *N.Z.J. For. Sci.* 12(2): 244-268.
- De Fégely, R., 2004.** Sawing regrowth and plantation hardwoods with particular reference to growth stresses. Part A Literature review. Report Project no. PN02.1308. Forest and Wood Products Research Development Corporation.
- Farrell, R.; Innes, T. and Nolan, G., 2008.** Sorting plantation *Eucalyptus nitens* logs with acoustic wave velocity. FWPRDC project PN07.3018. Forest and Wood Products Australia. 27 p.
- Farrell, R.; Atyeo, W.; Siemon, G.; Daian, G. and Ozarska, B., 2010.** Impact of sapwood and the properties and market utilization of plantation and young hardwoods: Executive Summary and Literature Review (PART A). Project number: PNB039-0708. Forest and Wood Products Australia. 81 p.
- Ferrand, J. C., 1983.** Growth stresses and silviculture of Eucalypts. *Australian Forest Research* 13: 75-81.
- Ferreira, M., 1968.** Estudio da variacao da densidade basica da Madeira de *Eucalyptus alba* and *Eucalyptus saligna*. Piracicaba, Brasil. 77 p.
- Grabianowski, M., 2003.** Measuring acoustic properties in lumber and trees. MSc thesis, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand. 148 p.
- Guimaraes, R. F., 1965.** Observation on diameters, heights, survival and weight of the wood in *Eucalyptus saligna* at various initial spacings. *An Bras Flor Inst Nac Pinho* 17:31-45.
- Higgs, M. L., 1969.** Genetic and environmental factors influencing commercially important wood properties of *Eucalyptus grandis*. PhD Thesis, Australian National Univ, Canberra. Australia.
- INFOR, 2007.** Proyecto "Desarrollo de opciones productivas de mayor valor para plantaciones de *Eucalyptus nitens* en la IX y X regiones: Propuesta silvícola". [en línea]. Disponible en <http://www.infor.cl/nitens/p2antedecentes.html> [consultado 11/2010].
- INFOR, 2010.** Anuario Forestal 2010. Boletín Estadístico N° 128. 134 p.
- Kennedy, R. W., 1995.** Coniferous wood quality in the future: concerns and strategies. *Wood Sci. Technol.* 29(5): 321-338.

- Kenneth, R., 2001.** A general theory for the origin of growth stresses in reaction wood: how trees stay upright. *IAWA Journal* 22 (3): 205-212.
- Lasserre, J. P.; Mason, E. and Watt, M., 2005.** The effects of genotype and spacing on *Pinus radiata* D. Don corewood stiffness in an 11-year old experiment. *Forest Ecology and Management* 205: 375-383.
- Lasserre, J. P.; Mason, E. and Watt, M., 2008.** Influence of the main and interactive effects of site, stand stocking and clone on *Pinus radiata* D. Don corewood modulus of elasticity. *Forest Ecology and Management* 255: 3455-3459.
- Medhurst, J. and Beadle, C., 2000.** Thinning for solid Wood products in *Eucalyptus nitens* plantations. In: The Future of Eucalypts for Wood Products. Eds. L Henderson, G Waugh, G Nolan and P Bennett. Proceedings of IUFRO Conference, Launceston, Australia. 343-348.
- Medhurst, J.; Beadle, C. and Neilsen, W., 2001.** Early-age and later-age thinning affects growth, dominance, and intraspecific competition in *Eucalyptus nitens* plantations. *Can. J. For. Res.* 31: 187-197.
- Medhurst, J.; Battaglia, M. and Beadle, C., 2002.** Measured and predicted changes in tree and stand water use following high-intensity thinning of an 8-year-old *Eucalyptus nitens* plantation. *Tree Physiol.* 22:775-784.
- Megraw, R. A., 1986.** Douglas Fir wood properties. In Oliver C, D Hanley, J Johnson eds. Douglas Fir: Stand management for the future. Inst. of For. Res. Contrib. 55. College of Forest Resources, University of Washington, Seattle. p. 81-96.
- Muñoz, F.; Espinosa, M.; Herrera, M. y Cancino, J., 2005.** Características del crecimiento en diámetro, altura y volumen de una plantación de *Eucalyptus nitens* sometida a tratamientos silvícolas de poda y raleo. *Bosque* 26(1): 93-99.
- Muñoz, F.; Neira, A. y Cancino, J., 2010.** Efecto del raleo en la densidad básica de la madera de *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden. *Interciencia* 35(8): 581-585.
- Mutizabal, A., 2007.** Comportamiento de tensiones de crecimiento en tres procedencias de *Eucalyptus nitens*, Región del Bio-Bío. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile. 57 p.
- Neilsen, W. A. and Pinkard, E., 1999.** Developing silvicultural regimes for saw log and veneer production from temperate Eucalypt plantations in Tasmania. In: Proceedings of the Conference on XII SILVOTECNA. Eucalypts in Chile, Present and Future Conception. Chile, p. 27.
- Nolan, G.; Greaves, B.; Washusen, R.; Parsons, M. and Jennings, S., 2005.** Eucalypt plantations for solid wood products in Australia - A review: If you don't prune it, we can't use it. Project no: PN04.3002. Forest & Wood Products Research & Development Corporation Victoria, Australia. 130 p.
- Nutto, L. and Touza, M., 2004.** High quality *Eucalyptus* saw log production. In *Eucalyptus* in a changing world. Proceedings of International Union of Forestry Research Organisations Conference, 11-15 October. Aveiro, Portugal. pp. 658-666.
- Prodan, M.; Peters, R.; Cox, F. y Real, P. 1997.** Mensura Forestal. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. IICA- BMZ/GTZ. 561 p.
- Raymond, C.; Kube, P.; Pinkard, L.; Savage, L.; and Bradley, A., 2004.** Evaluation of non-destructive methods of measuring growth stress in *Eucalyptus globulus*: Relationships between strain, wood properties and stress. *Forest Ecology and Management* 190: 187-200.
- Roth, B.; Li, X.; Huber, D. and Peter, G., 2007.** Effects of management intensity, genetics and planting density on wood stiffness in a plantation of juvenile Loblolly Pine in the southeastern USA. *Forest Ecology and Management* 246: 155-162.
- Sarén, M.; Serimaa, R.; Andersson, S.; Saranpää, P.; Keckes, J. and Fratzl, P., 2004.** Effect of growth rate on mean microfibril angle and cross-sectional shape of tracheids of *Norway Spruce*. *Trees* 18 : 354-362.
- SAS INSTITUTE INC., 2000.** SAS/STAT User's Guide: Version 8, vol. 1-3. SAS Institute Inc. Cary, NC. 3884 p.
- Schlatter, J.; Gerding, V. y Adriaola, J., 1994.** Sistema de ordenamiento de la tierra. Herramienta para la planificación forestal aplicado a las Regiones VII, VIII y IX. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 33 p.

**Schönau, A. P., 1974.** The effect of planting space and pruning on growth, yield and timber density of *Eucalyptus grandis*. *S Afr For J.* 88:16-23.

**Stöckle, M., 1996.** Efecto inicial de poda y raleo en el crecimiento de un rodal de *Eucalyptus nitens* de 6 años de edad. Tesis Ingeniero Forestal. Concepción, Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción. 26 p.

**Telewski, F. W., 1995.** Wind-induced physiological and developmental responses in trees. *Wind and Trees*. Ed. Coultts-MP and Grace-J. Cambridge University Press. p 237-263.

**Trugilho, P.; Iwakiri, S.; Rocha, M.; Matos, J. and Saldanha, L., 2004.** Age and diametric class effects on longitudinal residual strain in *Eucalyptus dunnii* trees. *Revista Arvore* 28: 725-731.

**Trugilho, P.; Lima, J.; De Pádua, F.; De Carvalho, L. e Andrade, C., 2006.** Deformação residual longitudinal (DRL) e tangencial (DRT) em seis clones de *Eucalyptus spp.* *Cerne* 12: 279-286.

**Valdés, R., 2004.** Determinación de tensiones crecimiento de *Eucalyptus nitens* mediante método no destructivo. Memoria para optar al título de Ingeniero en Industrias de la Madera, Universidad de Talca, Chile. 48 p.

**Valencia, J., 2008.** Application of non-destructive evaluation techniques to the prediction of solid-wood suitability of plantation grown *Eucalyptus nitens* logs. Thesis Submitted in fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science. University of Tasmania, Australia.

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

**Waghorn, M. J.; Mason, E. and Watt, M., 2007.** Influence of initial stand density and genotype on longitudinal variation in modulus of elasticity for 17-year-old *Pinus radiata*. *For Ecol Manag* 252:67-72.

**Warren, E.; Smith, R.; Apiolaza, L. and Walker, J., 2009.** Effect of stocking on juvenile wood stiffness for three *Eucalyptus species*. *New Forests* 37: 241-250.

**Watt, M. S.; Moore, J.; Facon, J.; Downes, G.; Clinton, P.; Coker, G.; Davis, M.; Simcock, R.; Parfitt, R.; Dando, J.; Mason, E. and Bown, H., 2006.** Modelling the influence of stand structural, edaphic and climatic influences on juvenile *Pinus radiata* dynamic modulus of elasticity. *For. Ecol. Manage.* 229: 136-144.

**Wilson, J. S. and Oliver, C., 2000.** Stability and density management in Douglas Fir plantations. *Can. J. For. Res.* 30: 910-920.

**Yang, J. L. and Evans, R., 2003.** Prediction of MOE of Eucalypt wood from microfibril angle and density. *Holz als Roh - und Werkstoff* 61: 449-452.

**Yang, J. L., 2005.** The impact of log-end splits and spring on sawn recovery of 32-year-old plantation *Eucalyptus globulus* Labill. *Holz als Roh - und Werkstoff* 63: 442-448.

**Yang, J. L.; Baillères, H.; Okuyama, T.; Muneri, A. and Downes, G., 2005.** Measurement methods for longitudinal surface strain in trees: a review. *Australian Forestry* 68(1): 34-43.

**Zobel, B. and Van Buijtenen, J., 1989.** Wood variation. Its causes and control. Springer Series in Wood Science. Springer-Verlag. Berlin. 363 p.

**Zobel, B.; Sprague, J., 1998.** Juvenile Wood in Forest Trees. Ediciones Springer. Berlín, Alemania. 300 p.

# EUCALIPTO Y ACACIA COMO ALTERNATIVAS PRODUCTIVAS PARA PEQUEÑOS Y MEDIANOS PROPIETARIOS

Pinilla, Juan Carlos<sup>5</sup>; Navarrete, Mauricio;  
Molina, María Paz y Barros, Santiago

## RESUMEN

Diversas líneas de investigación tiene en desarrollo el Instituto Forestal (INFOR) respecto de la silvicultura y utilización de especies de los géneros *Acacia* y *Eucalyptus*, principalmente *Acacia dealbata*, *A. melanoxylon*, *A. mearnsii* y *A. saligna*, del primero, y *Eucalyptus camaldulensis*, *E. cladocalyx*, *E. delegatensis*, *E. globulus*, *E. nitens*, *E. regnans* y otras, del segundo.

Se trata de especies de rápido crecimiento que se adaptan bien a una variada gama de condiciones de suelo y clima del país, y que en cortas rotaciones pueden proporcionar importantes volúmenes de madera para diferentes usos.

*Eucalyptus globulus* y *E. nitens* son especies ya consolidadas en las plantaciones forestales del país, con más de 500 mil hectáreas la primera y más de 200 mil hectáreas la segunda, y actualmente se trabaja en fuertes programas de mejoramiento genético con ellas hacia la obtención de mayores rendimientos para productos en particular y mayores adaptaciones ante limitantes específicas de sitio, como limitaciones hídricas y frío, con el fin de expandir las plantaciones hacia áreas hoy marginales debido a estas limitantes .

*Acacia dealbata* y *Eucalyptus globulus*, aparecen como interesantes alternativas productivas complementarias para pequeños y medianos propietarios, quienes frecuentemente tienen suelos forestales no utilizados en sus propiedades además de los suelos agrícolas o ganaderos de los cuales obtienen su sustento.

La incorporación de plantaciones forestales con diferentes fines en estos suelos sin utilización o subutilizados es un medio para protegerlos, valorizar las propiedades y obtener ingresos adicionales a su actividad agrícola o ganadera.

Ingresos adicionales se puede obtener también mediante sistemas integrados de producción, en los cuales se suma una componente forestal a la actividad agrícola o ganadera mediante cortinas cortavientos o bosquetes de abrigo, componente que no solo generará madera sino que su efecto de protección mejorará la producción agrícola o pecuaria.

*Eucalyptus globulus* es una especie que presenta una muy buena regeneración vegetativa a través del vigoroso rebrote de los tocones después de la corta, permitiendo así un nuevo bosque originado en estos rebrotes (monte bajo) sin que sea necesario invertir en una nueva plantación, situación que unida al rápido crecimiento de este monte bajo representa una buena alternativa para la producción de leña, madera para pulpa y otros productos en corta rotación. Este sistema de regeneración puede ser repetido en varias oportunidades en tanto las cepas o tocones mantengan su vigor de rebrote, solo si baja esta regeneración por rebrotes o retoños el rodal deberá ser reemplazado por un nuevo monte alto (plantación). La especie tiene mercados consolidados tanto para leña como para madera para pulpa.

*Acacia dealbata* en tanto, es también una especie de rápido crecimiento, apropiada para complementar las actividades agrícolas o ganaderas de pequeños y medianos propietarios tal como su crecimiento y las aptitudes de uso de su madera lo indican, no obstante no hay

---

<sup>5</sup> Investigador Sede Bio Bio. Instituto Forestal, Chile. jpinilla@infor.cl

todavía mercados establecidos para ella dado que su uso es aún incipiente debido a que no se ha masificado su empleo en plantaciones. La especie también presenta una buena regeneración para convertir la plantación a monte bajo a partir de la segunda rotación, sin embargo no se dispone aún de información experimentalmente respaldada sobre su manejo y rendimiento en monte bajo, tema que se está abordando como continuación de las investigaciones de INFOR con esta especie.

En el presente trabajo se entrega información obtenida en diferentes líneas de investigación de INFOR sobre silvicultura y crecimiento de *Acacia dealbata* y *Eucalyptus globulus*, con énfasis en su aplicación para pequeños y medianos propietarios.

Palabras claves: *Eucalyptus globulus*, *Acacia dealbata*, Plantaciones forestales, Silvicultura, Utilización, Pequeños y medianos propietarios

## SUMMARY

The Chilean Forestry Institute (INFOR) is developing different research lines on *Acacia* and *Eucalyptus* genera species silviculture and utilization, mainly on *Acacia dealbata*, *A. melanoxylon*, *A. mearnsii* and *A. saligna*, among the Acacias, and *Eucalyptus camaldulensis*, *E. cladocalyx*, *E. delegatensis*, *E. globulus*, *E. nitens*, *E. regnans* and others Eucalypts. All are fast growing species which can grow under a variety of soil and climate conditions in the country and produce important wood volumes to different uses in a short turn.

*Eucalyptus globulus* and *E. nitens* are already consolidated species in planted forest in the country, with more than 500 thousand hectares the first and more than 200 thousand hectares the second, and now strong genetic improvement programs are being carried out towards higher yields for some products and better resistance to specific site limitations, such as drought and frost, in order to allow the use of the species in areas currently marginal to them because of that limitations.

*Acacia dealbata* and *Eucalyptus globulus* appears as interesting complementary production alternatives to small and medium owners, who very often have unutilized forest soils in addition to the soils for agriculture or breeding from which they obtain their main income. Plantations establishment on those unutilized soils is a mean to protect them, to value the property and to obtain additional incomes. Another mean is the incorporation of a forest component in agriculture or cattle breeding soils through windbreaks or small shelter forests, component which not only will produce wood but also an improvement of the agriculture and breeding activities because of its protection effect.

*Eucalyptus globulus* has a very good coppicing capacity allowing that way a new stand without a new plantation, this characteristic and the coppice fast initial growth represent a good alternative to produce fuel wood, pulp wood and other short term products. The coppice system can be repeated several times while the stumps could maintain their coppicing capacity, when this capacity starts to decline a new stand should be established through a new plantation. The species has consolidated markets for fuel wood and pulp wood. *Acacia dealbata* is also a fast growing species and appropriate to complement small and medium owner agriculture activities as well, the growth and the wood properties turn the species in a suitable one for different uses. However, there are not established markets yet because the species is still not enough planted in the country. The species presents a good coppicing capacity as well, but there is still not scientific based information available on grow, management and yield under coppice system, matter which INFOR is now facing through his *Acacia* species research line.

This paper includes information from the INFOR's research projects on silviculture and growth for both, *Acacia dealbata* and *Eucalyptus globulus*, focused on its small and medium owner application possibilities.

**Key words:** *Eucalyptus globulus*, *Acacia dealbata*, Planted forests, Silviculture, Utilization, Small and medium owners.



## INTRODUCCIÓN

Los pequeños y medianos propietarios viven normalmente de los suelos agrícolas y ganaderos de sus predios, pero con frecuencia también tienen en sus propiedades áreas con suelos de aptitud forestal, desprovistos de cubierta vegetal, bajo procesos erosivos y, en consecuencia, improductivos.

La recuperación de estos suelos improductivos y su incorporación a la economía predial es un tema de particular interés para estos segmentos de propietarios, que pueden así mejorar y valorizar sus predios e incrementar sus ingresos.

Diversos proyectos de investigación del Instituto Forestal (INFOR) han abordado la recuperación de suelos y la diversificación productiva con énfasis en la búsqueda de alternativas para los pequeños y medianos propietarios, y la forestación con especies forestales de rápido crecimiento y corta rotación surge como una buena alternativa. Especies forestales como *Eucalyptus globulus* Labill. y *Acacia dealbata* Link aparecen como apropiadas para estos fines.

Los objetivos productivos de la forestación dependerán de la zona del país, de las intenciones de los propietarios, de las condiciones de suelo y clima de la zona y de la especie empleada, y podrán variar desde productos menores, como leña, postes y otros, hasta productos de mayor valor, como madera para pulpa, aserrío y otros fines.

Las investigaciones desarrolladas por INFOR han entregado información sobre crecimientos y rendimientos para las especies indicadas y otras, incluyendo los aspectos económicos de su uso.

En el presente trabajo se entrega antecedentes sobre las posibilidades de uso, el manejo y el rendimiento esperable con las especies ya indicadas sobre la base de los resultados de las investigaciones mencionadas.

### LA *Acacia dealbata* COMO ALTERNATIVA PRODUCTIVA

*Acacia dealbata* es una especie originaria del SE de Australia, introducida al país hace muchos años, probablemente por el naturalista alemán Federico Albert en sus trabajos de contención de dunas costeras en Chanco, Región del Maule, a fines del siglo XIX o inicios del siglo XX.

Su madera ofrece posibilidades de uso alternativos o complementarios a los de aquellas de las especies tradicionales en la forestación en Chile; *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*. Es una especie de rápido crecimiento que en reducidos turnos de cosecha puede generar importantes volúmenes de madera. Se adapta bien a una variedad de condiciones de suelo y clima en la zona central y sur del país, favorece la recuperación de suelos al ser una especie fijadora de nitrógeno, y su madera puede ser empleada para energía, celulosa, madera aserrada y otros usos. Su temprana y abundante floración primaveral la hace atractiva también como especie ornamental y para combinaciones con apicultura (NAS, 1980; Pinilla, 2000; Pinilla et al., 2010).

Las investigaciones realizadas hasta ahora por INFOR indican que el crecimiento de la especie, las aptitudes tecnológicas de su madera y sus potencialidades de uso, la hacen una interesante alternativa de producción, y esto permite orientar los usuarios respecto del cultivo y manejo de este recurso y su potencial productivo.

El análisis de la información reunida permite recomendar en general material genético a emplear para su propagación y prescripciones de manejo que permitan alcanzar los objetivos de producción buscados.

La difusión y transferencia de estos resultados a los usuarios se ha desarrollado por

distintos medios, incluida la instalación de una red de parcelas experimentales y demostrativas establecida en predios privados de pequeños y medianos propietarios y de empresas forestales.

Se trabaja ahora en la validación de adecuados modelos predictivos de crecimiento y rendimiento, en la ampliación de la base genética de la especie en el país y en la masificación de su uso, junto con el desarrollo de nuevos productos tecnológicos con mayor valor agregado y la implementación operativa de una estrategia de mejoramiento genético, todo con el objetivo de contribuir a consolidar el interés de empresas y propietarios por el cultivo de la especie.

Crecimientos que pueden alcanzar a rendimientos de más de 250 m<sup>3</sup>/ha a la edad de 15 años en sitios de buena calidad son un buen respaldo para el logro de este objetivo.

### Antecedentes de Crecimiento y Rendimiento

La especie presenta altos valores para todos los parámetros de crecimiento evaluados en distintos ensayos de INFOR, información obtenida de parcelas permanentes y ensayos situados en un área de estudio ubicada entre los 35°30' y 40° LS y 73°30' y 72°30' LW, con precipitaciones anuales entre 600 y 1.500 mm.

La densidad media de los rodales era de 1.189 arb/ha, correspondiendo algunos de ellos a repoblación natural, sin un espaciamiento determinado. Los valores dasométricos obtenidos desde las parcelas permanentes y ensayos conducen a volúmenes totales que varían entre los 100 a 400 m<sup>3</sup>/ha, dependiendo de la edad del rodal, e incrementos medios anuales en volumen en torno a los 20 m<sup>3</sup>/ha, con valores aún mayores en buenos sitios (Pinilla et al., 2010) (Figuras N°1 y N° 2).

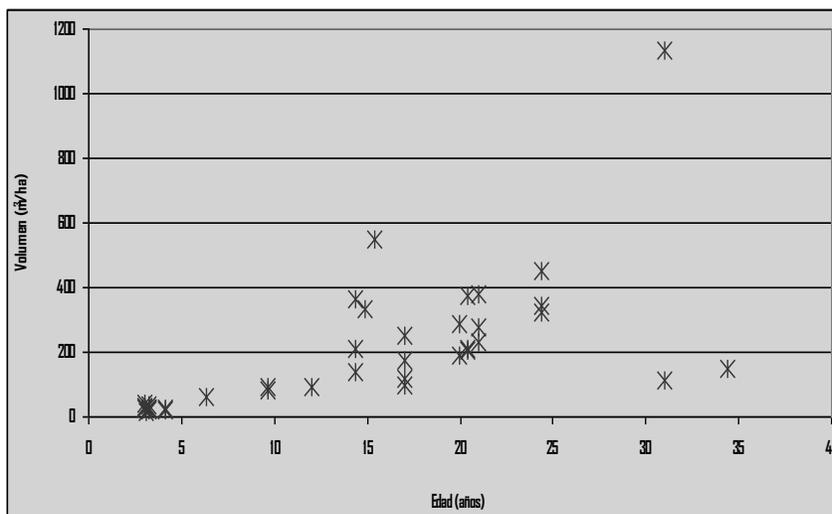


Figura N°1  
VOLUMEN OBTENIDO EN *Acacia dealbata* SEGÚN EDAD

Por ahora el fin productivo probable es energía o madera para pulpa, razón por la que no se justificarían rotaciones superiores a 12 años, con rendimientos de 200 a 250 m<sup>3</sup>/ha.

No obstante, tendencias actuales de mercado en Australia y Nueva Zelanda permiten considerar la posibilidad de apuntar a productos de mayor valor, como madera aserrada para muebles y chapas, razón por la que se justificaría ahondar en esquemas de manejo; densidad inicial de plantación, raleos y podas, dado que, además, el crecimiento y la forma de la especie crecida en

Chile indican que estos productos de mayor valor con la especie son técnicamente viables.



Yumbel (para pulpa) (3 años)



El Carmen (para dendroenergía) (18 meses)

**Figura N° 2**  
**PARCELAS DE *Acacia dealbata* REGIÓN DEL BIO BIO**

## Estudios Industriales

La utilización de especies del género *Acacia* en la industria forestal de Chile es muy reducida, limitándose a algunos pequeños aserraderos con experiencias solo con *Acacia melanoxylon* (Briones y Pinilla, 2006) y alguna aplicación para tableros de fibra de alta densidad (HDF) con *Acacia dealbata*. Se registra también algunas exportaciones menores de madera aserrada de *A. melanoxylon*.

Esta falta de información motivó a INFOR a incluir en sus investigaciones los aspectos tecnológicos de esta madera; propiedades físicas y mecánicas y aptitud pulpable, para posterior uso en plantas de pulpa y aserrío y evaluación por parte de los usuarios. Los resultados de esto son presentados a continuación (Hernández y Pinilla, 2010):

**Propiedades Físicas y Mecánicas:** Los valores del Módulo de Elasticidad para la especie se encuentran dentro del rango de las de *Pinus radiata*, especie utilizada habitualmente en la construcción de viviendas en Chile

**Trabajabilidad y Encolabilidad:** Comportamiento aceptable frente a diversos procesos de trabajabilidad. Sin embargo, la madera de *A. dealbata* muestra un mejor comportamiento que la madera de *A. melanoxylon*. La mejor condición en cepillado se obtuvo con un ángulo de ataque de 20° y bajo condiciones de procesamiento que alcanzan 20 marcas por pulgada. Respecto al tipo de corte, en términos generales las piezas tangenciales alcanzan una mejor calidad.

**Secado:** En corte tangencial, radial o mixto, se puede secar adecuadamente bajo un mismo programa de secado. La duración del secado desde aproximadamente el punto de saturación de las fibras hasta 10% de humedad final es de 2 a 3 días en madera de 25 y 50 mm de espesor, respectivamente. La anisotropía de la contracción transversal es reducida y no se presentan grietas ni colapso, y los alabeos son de baja intensidad. El secado es favorecido por un presecado inicial de la madera bajo cobertizo

**Caracterización Tecnológica del Papel Obtenido con la Especie y en Mezclas con *Eucalyptus globulus*:** La densidad de la madera de acacia es inferior a la de la madera de eucalipto y el valor del peso unitario de la madera está en el rango bajo para especies latifoliadas (439 kg/m<sup>3</sup>) (Hernández y Pinilla, 2010). Los resultados señalan que es viable la producción de celulosa de buenas características con una mezcla de maderas de eucalipto y acacia, con un porcentaje hasta alrededor de 10% de esta última.

**Aptitud para Tableros de Partículas:** Con *Acacia dealbata* es técnicamente factible la fabricación de tableros de partículas, los tableros fabricados con esta madera presentan adecuadas propiedades físicas y mecánicas, salvo en el caso del hinchamiento y absorción, por lo que se sugiere usar hidrófobos. El color de los tableros que incorporan madera de acacia, es más oscuro que el de aquellos fabricados con madera de *Pinus radiata*

**Aptitud para Chapas Foliadas:** Sus chapas no presentan problemas en el secado a alta temperatura. Su apariencia es más rojiza que las chapas de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*. De acuerdo a los resultados, la madera de *A. dealbata* presenta un buen comportamiento al proceso de foliado y mejor aptitud de manejo que la chapa de *E. globulus*.

Bajo las condiciones del proceso efectuado la chapa de *A. dealbata* no tiene tendencia a la ondulación y es bastante flexible, y esto aún puede ser mejorado con un manejo forestal basado en podas tempranas y raleos.

## Propagación

A partir de árboles *plus* y semilleros se cuenta con abastecimiento de semillas con un primer grado de mejoramiento genético, tanto para las actividades de instalación de ensayos y unidades demostrativas como para comercialización. Este abastecimiento de semillas ha estado en aumento y se ha llegado a 10 kilos de semilla empleados para venta de semillas a viveros y venta o entrega de plantas a usuarios.

Se ha recopilado y difundido los protocolos de pretratamientos de semillas y producción de plantas más adecuados que son resumidos a continuación:

Se recomienda en términos generales:

Emplear semilla de calidad adecuada, con identificación del proveedor y rodal de origen, idealmente de Áreas Productoras de Semillas o Árboles Plus.

El tratamiento pregerminativo para la semilla que se recomienda es poner las semillas en agua hirviendo por 1 minuto y después dejarlas en remojo por 24 horas.

Usar contenedores de 100 cm<sup>3</sup> de capacidad de sustrato y sembrar dos semillas en cada uno.

Raleo (o repicar a otro contenedor) con el objeto de dejar una planta por contenedor

A los 30 días luego de la siembra se alcanza un 85% de la germinación.

Cuidados similares a cualquier otro tipo de planta en vivero

Se probó otros medios de propagación, como el empleo de estacas, el cual resulta recomendable usando material obtenido de rebrotes de tocón de árboles cosechados. Estas responden bien al enraizamiento, la capacidad rizogénica es buena y la supervivencia de las estacas es alta. Pinilla *et al.* (2010) describen los protocolos para la obtención de estacas y su enraizamiento.

## Manejo

Los resultados de las investigaciones realizadas permiten afirmar que *Acacia dealbata* es una especie promisoría en términos de crecimiento y aplicaciones industriales, especialmente empleando procedencias de Tasmania (Australia) y razas locales.

No obstante, es necesario que su uso en el ámbito industrial (madera y papel) aumente de modo que el mercado valore la especie como una alternativa comercial interesante y alternativa a las especies tradicionales, y las plantaciones se extiendan.

Con este objeto se ha instalado ensayos de manejo con la especie con el fin de determinar esquemas de intervenciones silvícolas (podas y raleos) que permitan obtener madera de adecuada calidad para productos industriales.

Las mediciones de las parcelas permanentes y ensayos han permitido desarrollar modelos de gestión para la especie creciendo en Chile. Estos modelos están basados en las metodologías tradicionales y la experiencia de INFOR con especies forestales de rápido crecimiento (Pinilla et al, 2010). Los modelos desarrollados corresponden a:

- Modelo de Sitio (altura dominante)
- Modelo de rendimiento en área basal
- Modelo de Volumen Total
- Modelo de Volumen de Árbol Individual
- Modelo de Ahusamiento

## EL *Eucalyptus globulus* COMO ALTERNATIVA PRODUCTIVA

Las plantaciones de eucaliptos en el país alcanzan ya al 30% de las plantaciones totales y están conformadas principalmente por *Eucalyptus globulus*, secundariamente por *Eucalyptus nitens* y, en forma incipiente aún, por varias otras especies, como *E. camaldulensis*, *E. delegatensis*, *E. regnans* y otras.

Para *Eucalyptus globulus* existe un mercado consolidado en madera para pulpa y también un buen mercado para leña, presenta muy buen crecimiento en la zona central y sur del país, excepto en zonas con frecuentes y severas heladas, y presenta un especial atractivo para pequeños y medianos propietarios, dado por la corta rotación en que se puede obtener productos como leña, postes y varas para infraestructura predial, y madera para pulpa, y por su vigoroso y rápido rebrote desde lo tocones después de la cosecha, lo que asegura sucesivas rotaciones en monte bajo si necesidad de plantar nuevamente.

## Manejo

El manejo en monte bajo (originado en los rebrotes de las cepas, contrariamente al monte alto originado de semillas o de plantación) es recomendable para productos de corta rotación. El volumen a obtener en una primera rotación en monte bajo suele ser superior al de la rotación anterior en monte alto y el de la segunda rotación en monte bajo suele igualar a la primera en monte alto. En adelante es difícil que los brotes puedan superar en producción de madera a una nueva plantación (Ayling y Martins, 1981; Andrade *et al.*, 1997; Camargo *et al.*, 1997; González *et al.*, 1997), aunque tradicionalmente en los campos se dan varias rotaciones en monte bajo con buenos rendimientos y solo cuando ya parte importante de las cepas no rebrota se hace necesaria una nueva plantación.

La opción de monte bajo, por su rápido crecimiento en rotación corta y su bajo costo de establecimiento, dado principalmente por el clareo de los múltiples retoños que brotan de la cepa original (selección y raleos de estos), resulta muy interesante para obtener productos de valor en un menor número de años (8 a 10 años vs. 10 a 13 años en monte alto) y acceder así a diferentes alternativas económicas y de mercados (Pinilla, 2004).

Información proveniente de diversos ensayos establecidos por INFOR indica que basta dejar uno o dos rebrotes o retoños por tocón para obtener la máxima ocupación de sitio y un buen rendimiento volumétrico, esto fundamentalmente porque se concentra el crecimiento un menor número de árboles por hectárea, lo que influye favorablemente en los costos y eficiencia de la cosecha final (Toral, 1988; Prado *et al.*, 1990; Pinilla, 2004).

La capacidad de retoñación de *Eucalyptus globulus* es normalmente muy buena, lo que se refleja en una gran cantidad de retoños por tocón y en el rápido crecimiento de estos. Existía información proveniente de algunas experiencias de INFOR (2002) y de algunos autores para casos muy específicos (Ribalta, 1983; Díaz, 1984; Peñaloza, 1985; Toral, *et al.*, 1988), por lo que era necesario obtener y validar mayor información sobre esta práctica silvícola, razón que motivó a INFOR a implementar una línea de investigación al respecto iniciándose un estudio del crecimiento del monte bajo de *Eucalyptus globulus* en el país (Pinilla, 2007).

El manejo forestal tiene como principal objetivo anticipar o acelerar la dinámica de crecimiento natural del bosque, de forma de concentrar el crecimiento del rodal en los mejores árboles, aumentando sus diámetros (volumen por árbol) y mejorando la calidad de la madera (Prado y Barros, 1989).

Las prácticas de manejo siempre están asociadas a los objetivos de producción definidos en un proyecto forestal y en general pueden corresponder a manejos distintos si la producción del bosque está destinada a maderas delgadas para pulpa o combustible o a maderas gruesas para uso en el aserrío, remanufactura o tableros. Económica y productivamente, en Chile la edad óptima de corta para *E. globulus* destinado a la producción de pulpa, se sitúa entre los 12 y 15 años. Indudablemente, el análisis económico, las señales del mercado y las opciones tecnológicas disponibles son los factores que pueden decidir la mejor alternativa para el propietario.

Como se ha dicho, el manejo en monte bajo es una opción adecuada para pequeños y medianos propietarios y su aplicación en el país ha sido tradicional. Se ha destacado la excelente capacidad de retoñación de *E. globulus*, reflejada en la cantidad de retoños por tocón que se producen y las dimensiones de estos. Es de gran importancia que los tocones queden descubiertos, por lo que en toda cosecha se debe considerar esto al igual que dejar los tocones con un corte inclinado y limpio, que evite la acumulación de agua en su superficie.

El sistema de regeneración por monte bajo se emplea principalmente para la producción de pulpa, postes, leña y en general productos de poca dimensión, utilizando menores ciclos de corta. Después de 2 o más clareos, se puede dejar un bosque de baja densidad para la producción de madera aserrada o chapas, aun cuando la madera aserrada de *E. globulus* proveniente de monte bajo, presenta mayores dificultades en su trabajabilidad.

Para la producción de pulpa, los esquemas de manejo pueden considerar el establecimiento de una plantación de 1.667 a 2.000 árboles por ha (2 x 3 m y 2 x 2,5 m, respectivamente) y se estima que en buenos sitios se podría establecer rotaciones posteriores en monte bajo de 7 a 8 años. Estudios realizados por INFOR señalan que los rangos de valores de resistencia mecánica de la madera generada en rotaciones de monte bajo, no presentan diferencias con los valores de la madera producida en el monte alto a las mismas edades.<sup>6</sup>

Para la producción de postes de cerco o parronales el método de monte bajo también es aconsejable. En sitios de calidad media a alta se pueden establecer 1.667 a 2.000 árboles por hectárea, que luego de la primera rotación (8 a 12 años dependiendo del sitio) se comienzan a manejar como monte bajo. Se recomienda un clareo a los 2 años, dejando de 2 a 3 retoños por tocón, para cosechar a los 7 u 8 años postes de un diámetro medio cercano a los 15 cm. En este caso el clareo es fundamental, ya que evita que se doblen los fustes y permitirá seleccionar aquellos con la mejor forma.

---

<sup>6</sup> Caracterización de la madera pulpable proveniente del monte bajo de *E. globulus*. Informe interno proyecto FONDEF D0211117, diciembre 2004.

Plantaciones de alta densidad son también adecuadas para la producción de biomasa que será empleada como combustible (dendroenergía), opción económica que también puede ser obtenida a través del uso del manejo del monte bajo.

En cualquier situación hay que recordar que mientras menos retoños se mantengan en cada tocón mayor será la ganancia en diámetro y rectitud de los fustes, cuando no se hace clareo siempre se produce una curvatura pronunciada en la parte baja de cada fuste. El número de los ciclos de corta a utilizar dependerá de la mortalidad que presenten los tocones, el número de cortas que soporte el tocón y en menor medida de la fertilidad y la longitud de la rotación (Vita, 1996).

De acuerdo con información obtenida desde distintas unidades experimentales, *E. globulus* bajo el esquema de monte bajo presenta una alta supervivencia (85-90%) y una altura cercana a los 28 m a los 9 años de edad. En términos de producción, los resultados obtenidos indican incrementos medios anuales en volumen de 20 m<sup>3</sup>/ha/año, con valores máximos de 35 m<sup>3</sup>/ha/año. De los antecedentes obtenidos se puede concluir inicialmente que los rodales de monte bajo presentarían un crecimiento al menos similar a los obtenidos desde rodales de monte alto.

Los principales factores que inciden en la productividad de las cepas o tocones son (Pinilla, 2004; Pinilla y Navarrete, 2010):

- Origen de los rebrotes
- Selección y manejo de los retoños
- Época de corta (cosecha)
- Método de volteo y tipo de corte
- Altura de corte del tocón
- Diámetro y edad del tocón
- Oportunidad del clareo
- Método de ejecución de clareos
- Número de retoños por tocón
- Cantidad de los ciclos de corta
- Mortalidad de tocones

## Crecimiento

Al observar el crecimiento de los rodales de monte bajo se observa una dinámica diferente de crecimiento en relación a los rodales de monte alto. Esta se caracteriza por un rápido crecimiento inicial para luego estabilizarse. El monte alto superaría al monte bajo en crecimiento a partir de entre los 7 a 9 años, lo que se confirma con las alturas de monte alto, las cuales son superiores que las de monte bajo. Es así que en los primeros años el monte bajo crece más rápido, pero luego sufre una baja del crecimiento, y es superado por el monte alto.

El análisis de la información recopilada desde los diferentes rodales indica que el Índice de Sitio promedio estimado para *Eucalyptus globulus* de monte bajo bordea los 21 metros (a los 10 años). Al graficar las curvas de crecimiento en altura dominante y volumen es posible apreciar que el crecimiento para monte bajo es mayor en un principio, pero luego es alcanzado por el crecimiento de monte alto, que tiene una proyección mayor en altura, cosa que ocurre a los 7 a 10 años de edad según sea la calidad del sitio (Figuras N°3, N° 4 y N° 5).

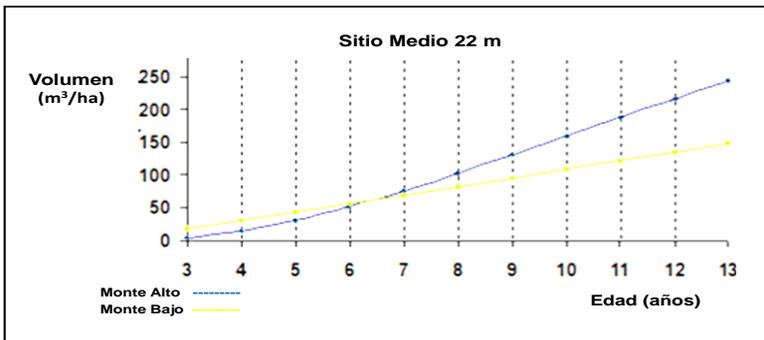
Un primer análisis señala que en ciertas situaciones el manejo del monte bajo de *E. globulus* es un rentable negocio, dado que se obtiene volúmenes aprovechables asociados a menores costos de establecimiento y en menor rotación, y esto se refleja en indicadores como la tasa interna de retorno (TIR) y el valor presente neto (VPN) que muestran mejores resultados, o al menos similares, que aquellos de monte alto.



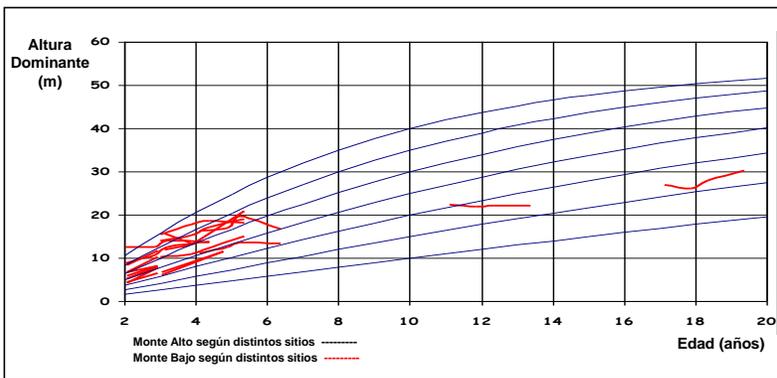
Cosechada y reinstalada Hualañé Región del Maule

Río Negro Región de Los Ríos

**Figura N° 3**  
**UNIDADES EXPERIMENTALES**



**Figura N°4**  
**COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO EN VOLUMEN**  
**MONTE ALTO Y MONTE BAJO PARA UN SITIO PROMEDIO**



**Figura N°5**  
**COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO EN ALTURA**  
**MONTE ALTO Y MONTE BAJO**

A través de las regiones del país el volumen aprovechable, asociado a una rentabilidad mínima esperada y atractiva económicamente, es variable.

En la región de Valparaíso se ha estimado que una plantación originada de retoños que genera 120 a 130 m<sup>3</sup>/ha es adecuada para ser manejado nuevamente como monte bajo.

De la región del Bio Bio al sur este valor aumenta a cerca de 200 m<sup>3</sup>/ha.

De la misma forma, rodales originados de semilla (monte alto), que presenten estas cifras al momento de la cosecha, son adecuados una siguiente rotación en monte bajo.

Cabrera *et al* (2013) entregan valores de incrementos medios anuales en volumen para *Eucalyptus globulus* en monte alto según zonas de crecimiento en el país (Cuadro N° 1)

**Cuadro N° 1**  
**INCREMENTO MEDIO ANUAL EN VOLUMEN *Eucalyptus globulus***  
**SEGÚN ZONAS DE CRECIMIENTO EN SITIO MEDIO A LOS 12 AÑOS DE EDAD**  
**MEDIAS ZONALES**

Zonas de Crecimiento (N°, Zona, Sector, Región)	IMA (m <sup>3</sup> /ha/año)
1 Secano Costero O'Higgins Secano Interior Maule	13
2 Secano Costero Maule	20
3 Valle Central Maule a Bio Bio	-
4 Precordillera Maule a La Araucanía	25
5 Arenales N Río Itata a S Río Bio Bio	19
6 Zona Costera Bio Bio, Colcura - Purén	27
7 Secano Interior Bio Bio, Río Itata - Hualqui	20
8 Suelos Rojo - Arcillosos y Graníticos	-
9 Zona Costera La Araucanía a Los Lagos	22
10 Zona Central Los Ríos a Los Lagos	-

(Fuente: Cabrera et al., 2013)

### Costos de Establecimiento

Dentro de los costos totales de producción de materia prima pulpable, los costos de establecimiento representan aproximadamente un 45% del total (Hakkila *et al.*, 1992).

Los costos relacionados con la cosecha y transporte se estiman similares para monte alto o bajo, considerando que en el segundo se realiza un manejo para obtener una densidad final de 1 o 2 retoños por tocón.

Cualquier aumento o disminución de estos costos estará afectando directamente la capacidad competitiva del producto en un mercado tan exigente y dinámico como lo es el mercado de la pulpa.

Una importante reducción de los costos de establecimiento (aproximadamente un 40%) se puede obtener al convertir a monte bajo y esta reducción se logra debido a un menor número de actividades e insumos requeridos para establecerlo en comparación con plantar nuevamente. Actividades como la preparación de suelo, plantación y eliminación de tocones no se realizan al convertir a monte bajo.

En el Cuadro N° 2 se indica las actividades necesarias y sus costos referenciales para ambos métodos de regeneración.

**Cuadro N° 2  
ACTIVIDADES Y COSTOS ESTABLECIMIENTO**

Monte Alto		Monte Bajo	
Faena	Costo (US \$/ha)	Faena	Costo (US \$/ha)
Tratamiento de Desechos	100	Despeje de Tocones	80
Eliminación de Tocones	70		
Preparación de suelos	150		
Plantas	60		
Plantación	70	Manejo de Rebrotos	127
Contro de Malezas	90	Control de Malezas	90
Fertilización	100	Fertilización	100
<b>Total</b>	<b>640</b>	<b>Total</b>	<b>397</b>

## CONCLUSIONES

La información reunida en las investigaciones de INFOR indica que existe un potencial interesante para el desarrollo masivo de distintas opciones productivas y comerciales a partir plantaciones de *Acacia dealbata*. Su crecimiento y las propiedades de su madera para diferentes productos así lo indican.

La consolidación de *Acacia dealbata* requiere de mayor difusión de estos resultados, con el fin de propiciar el incremento de las plantaciones y la creación de una superficie crítica que asegure un flujo regular de abastecimiento de materias primas para un desarrollo industrial en torno a ellas.

La línea de investigación sobre *Acacia dealbata* debe ser continuada, es preciso mantener el seguimiento de las unidades experimentales y convertir algunas de ellas a monte bajo para estudiar el manejo de la especie bajo este sistema. Se requiere evaluar la base genética existente en las poblaciones base actuales y avanzar hacia el mejoramiento genético con ensayos procedencia - progenie australianas y locales.

Sería conveniente establecer ensayos de plantaciones de alta densidad, con fines energéticos, empleando material seleccionado de las plantaciones existentes.

En el caso de *Eucalyptus globulus*, las investigaciones de INFOR permiten concluir que existe una diferencia entre el crecimiento de monte alto y monte bajo<sup>7</sup>, presentando el segundo un mayor crecimiento en comparación al monte alto hasta una edad de 7 a 10 años, luego de lo cual, el monte alto presentaría un mayor crecimiento, antecedente importante para mayor rentabilidad en productos de corta rotación en monte bajo.

Los aspectos económicos asociados a los costos del monte bajo, así como a los ingresos esperados, siguen siendo materia de estudios y de estos dependerán los esquemas de manejo de plantaciones, al determinar en qué niveles mínimos de productividad resultaría conveniente incurrir en los gastos de una nueva plantación y en cuáles resultaría recomendable regenerarla a partir de rebrotos.

Las grandes empresas en general actualmente prefieren el manejo en monte alto, dado principalmente el menor costo de establecimiento para ellas, dada su escala de trabajo, y debido a que al término de una rotación sus fuertes programas de mejoramiento ya disponen de material mejorado para reemplazar el de la rotación anterior.

<sup>7</sup> Estudio Inicial de Modelos de Crecimiento para Monte Bajo de *Eucalyptus globulus* en Chile. Documento de Trabajo PMB-05. Informe de Proyecto FONDEF D021117. Abril 2006.

En el caso de pequeños y medianos propietarios, mientras no puedan disponer de semilla con significativos grados de mejoramiento y las cepas de su bosque anterior sigan rebrotando bien, convendrá mantener el sistema de monte bajo por su menor costo y su rápido crecimiento inicial para productos de corta rotación. En esto es importante el programa de mejoramiento genético de INFOR para asegurar el acceso a material mejorado a estos segmentos de propietarios.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que ambas especies representan un complemento interesante para pequeños y medianos propietarios para un uso integral de sus predios y una diversificación productiva en estos, ya sea mediante la incorporación de plantaciones en los suelos forestales que puedan tener sus predios o a través de sistema integrados con agricultura o ganadería, como plantaciones en fajas, cortinas cortavientos o bosquetes de abrigo.

## REFERENCIAS

**Andrade, H.; Benedetti, V.; Madaschi, J. y Bernardo, V., 1997.** Aumento da produtividade da segunda rotação de eucalipto em função do método de desbrota. Serie Técnica IPEF (11) 30 : 105 – 116.

**Ayling, R. D. and Martins, P. J., 1981.** The growing of Eucalypts on short rotation in Brazil. Forestry Chronicle. 57(1): 9-16.

**Briones, R. y Pinilla, J. C., 2006.** Procesos industriales y aplicaciones de *Acacia* en Chile. En: 2° Congreso Latinoamericano IUFRO. Bosques: La creciente importancia de sus funciones ambientales, sociales y económicas. La Serena, Chile. 23 al 27 de octubre de 2006.

**Cabrera, J., Martín, M., Rojas, C., Rojas, Y., Avila, A., Muñoz, J. C., Bahamondez, C., Peña, O. y Uribe, M., 2013.** Disponibilidad de Madera de plantaciones de Pino y Eucalipto (2010-2040). Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 194. 115 pp.

**Camargo, F.; Silva, C. y Stape, J., 1997.** Resultados experimentais da fase de emissão de brotação em *Eucalyptus* manejado por talhadia. Serie Técnica IPEF (11) 30: 115 – 122.

**Díaz, F., 1984.** Características dendrométricas de *Eucalyptus globulus* (Labill) en la localidad de Colcura, Concepción. Tesis para optar al Título de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Santiago, Chile. 92p.

**González-Río, F.; Castellanos, A.; Fernández, O.; Astorga, R. y Gómez, C., 1997.** El cultivo del eucalipto. Manual práctico del selvicultor. Celulosas de Asturias S.A. Principado de Asturias. 95p.  
En: <http://agrobyte.lugo.usc.es/agrobyte/publicaciones/eucalipto/indice.html>

**Hakkila, P.; Malinowski, J. and Matti, S., 1992.** Feasibility of logging mechanization in Brazilian forest plantations. Finnish Forest Research Paper 404. Helsinki. 68 pp.

**Hernández, G. y Pinilla, J. C., 2010.** Compendio Propiedades de la Madera de Especies Nativas y Exóticas en Chile. Informe Técnico N° 178. Instituto Forestal, Sede Bio Bio, Chile. 94p.

**INFOR, 2002.** Documento proyecto Incremento del negocio forestal a través de modelos de manejo y de gestión innovativa para la pyme forestal: La opción del monte bajo de *Eucalyptus globulus*. FONDEF-INFOR. Concepción, Chile.

**INFOR, 2010.** Anuario Forestal 2009. Boletín Estadístico N°128. Santiago, Chile. 134p.

**NAS, 1980.** Firewood Crops. Shrubs and tree species for energy production. Vol. 1. National Academy of Sciences. Washington D.C. National Academy Press. 237 p.

**Peñaloza, H., M., 1985.** Funciones de volumen cúbico para la especie *Eucalyptus globulus* Labill. de monte bajo, en la Región Metropolitana. CONAF. Programa de Fomento y Desarrollo Forestal Región Metropolitana. CONAF. Boletín Técnico N° 25. Santiago, Chile. 74p.

**Pinilla, J. C., 2000.** Descripción y antecedentes básicos sobre *Acacia dealbata*, *A. melanoxylon* y *A. mearnsii*. Revisión bibliográfica. Santiago, Chile, INFOR-CORFO. Informe Técnico 147. 49p.

**Pinilla, J. C., 2004.** Antecedentes generales acerca del manejo de monte bajo de *Eucalyptus globulus*. Proyecto INFOR-FONDEF Incremento del Negocio Forestal a Través de Modelos de Manejo y de Gestión Innovativa para

la Pyme Forestal: La Opción del Monte Bajo de *Eucalyptus globulus*. Instituto Forestal, Sede Bio Bio. Concepción, 2005. 44p.

**Pinilla, J. C., 2007.** *Eucalyptus globulus*, La Opción del Monte Bajo. Síntesis de los resultados del proyecto FONDEF D02I1117: Incremento del negocio forestal a través de modelos de manejo y de gestión innovativa para la pyme forestal: la opción del monte bajo de *Eucalyptus globulus*. INFOR. Patrocinado por FONDEF Concepción, Chile, INFOR. 26p.

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

**Pinilla, J. C. y Navarrete, M., 2010.** Evaluación de unidades experimentales de monte bajo de eucalipto entre la V y XIV regiones para beneficio de pequeños y medianos propietarios y el aprovechamiento económico de rodales de eucalipto. Informe de Proyecto. Instituto Forestal, Concepción, Chile. 31p.

**Prado, J. A. y Barros, S., Eds., 1989.** *Eucalyptus*. Principios de silvicultura y manejo. Santiago, Chile. INFOR. División Silvicultura, CORFO, 199p.

**Prado, J. A.; Bañados, J. C. y Bello, A., 1990.** The coppicing ability of some species of *Eucalyptus* in Chile. Instituto Forestal, Casilla 3085, Santiago, Chile. Ciencia e Investigación Forestal. 1990, 4: 2, 183-190; 3 ref.

**Ribalta, E., 1983.** Evaluación de la producción y productividad del monte bajo de *Eucalyptus globulus* (Lab.), V Región. Tesis para optar al Grado de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Santiago, Chile. 124p.

**Toral, M., 1988.** El efecto de diversas intensidades de clareo en el crecimiento de monte bajo de *Eucalyptus globulus*. En Actas Simposio manejo silvícola del género *Eucalyptus*. Viña del Mar, Chile. 9-10 Jun.1988. pp. 310-333. INFOR-CORFO.

**Toral, M., Rosende, R. y Pablo, G., 1988.** Evaluación de raleos en monte bajo de *Eucalyptus globulus* (Labill) V Región. Revista Ciencia e Investigación Forestal 2(3): 2-11; Instituto Forestal, Santiago, Chile.

**Vita, A. 1996.** Los tratamientos silviculturales. Escuela de Ingeniería Forestal. U. de Chile. 147 p.

## CONVERSION DE PLANTACIONES FORESTALES A SISTEMAS SILVOPASTORALES EN LA REGION DE AYSÉN

Salinas, Jaime<sup>8</sup> y Acuña, Bernardo<sup>9</sup>

### RESUMEN

Los modelos agroforestales, son sistemas integrados de producción silvoagropecuaria en los cuales se puede integrar en un mismo terreno componentes forestales, agrícolas y pecuarias, diversificando la producción predial, valorizando la propiedad y mejorando los ingresos de su propietario. Beneficios asociados son la protección de los suelos y la positiva interacción entre las componentes que se benefician mutuamente.

La protección dada por la componente arbórea mejora la productividad pecuaria o agrícola y la habitabilidad para el ser humano también se ve favorecida al morigerarse las condiciones climáticas. Los sistemas más conocidos son las cortinas cortavientos, los sistemas silvopastorales y los bosques ribereños (*riparian buffers*).

Estos sistema integrados son de gran aplicabilidad para la Patagonia chilena, dadas sus rigurosas condiciones climáticas; las grandes extensiones de suelos desarbolados y bajo fuertes procesos erosivos que la caracterizan, como consecuencia de grandes incendios forestales ocurridos hasta mitad del siglo XX; el antiguo y tradicional uso ganadero de estos; y las prolongadas rotaciones que requiere una plantación forestal.

Es así como la incorporación de una componente forestal, bajo la forma de bosques abiertos, bosques en fajas, cortinas cortavientos, bosques ribereños o bosquetes de abrigo, es un medio para mejorar la productividad pecuaria y mejorar la habitabilidad predial. En materia de ingresos para los propietarios, mejoran aquellos de corto plazo, dados por la ganadería, y se agregan ingresos de mayor plazo, dados por la componente forestal, y además se valoriza la propiedad.

En la región de Aysén existen alrededor de 48 mil hectáreas de plantaciones forestales, principalmente *Pinus ponderosa* (Dougl.) Laws. y *Pinus contorta* (Dougl.) Laws., inicialmente establecidas para el control de erosión, que en su mayoría no han sido manejadas, por lo que presentan deficientes características madereras y existe bajo interés en su aprovechamiento. Además son a menudo consideradas un obstáculo para el tradicional uso ganadero de los terrenos.

El Instituto Forestal (INFOR), a través del Centro Agroforestal Patagónico (CAP) de su Sede Patagonia en Coyhaique, busca revertir esta situación y propiciar una mayor productividad de los suelos, convirtiendo plantaciones a sistemas silvopastorales. La aplicación de un manejo silvícola intensivo, de podas y raleos, permite asegurar la producción de madera de calidad al fin de la rotación y, como efecto de la apertura del dosel arbóreo, generar las condiciones que aumenten la productividad de la pradera para una producción ganadera permanente y simultánea, pero de mayor rendimiento que a campo abierto dada la protección que entrega la componente arbórea.

Se busca de esta forma ofrecer las herramientas para abrir la alternativa de un complemento productivo más inmediato para los miles de hectáreas de plantaciones forestales en la región de Aysén, que están en manos de pequeños y medianos propietarios, orientando el manejo de sus plantaciones hacia el establecimiento de un sistema integrado de producción; madera en el largo plazo y ganado en el corto y mediano plazo.

En el presente trabajo se indica y describe las intervenciones a realizar, así como sus

---

<sup>8</sup> Ingeniero Forestal, Investigador, Instituto Forestal, Sede Patagonia, Coyhaique, Región de Aysén, Chile. jsalinas@infor.cl

<sup>9</sup> Técnico, Instituto Forestal, Sede Patagonia, Coyhaique, Región de Aysén, Chile. bacuna@infor.cl

rendimientos, sobre la base de una experiencia de INFOR en un predio cercano a Coyhaique, donde se intervino unos rodales de *Pinus contorta* para convertirlos a sistema solvopastoral, sobre los cuales se establecerá parcelas permanentes para evaluación posterior respecto de sus componentes; plantación, pradera y ganado. Con esta experiencia se pretende un efecto demostrativo de la conversión y la aceptación y adopción por parte de propietarios de la región.

Palabras clave: *Pinus contorta*, Sistemas Silvopastorales, Patagonia.

## SUMMARY

The agroforestry models are integrated production systems where forest agricultural and cattle breeding components can be combined in the same soil, diversifying the farm production, valorizing the property and improving the owner incomes. Additional associated benefits are soil protection and the positive interaction between components

The forest component protection effect improve the agricultural or the cattle breeding productivity as well as the habitability for human been because of the climate conditions moderation. Better known systems are windbreaks, forest-livestock combinations and riparian buffers.

These integrated systems are of great applicability for the Chilean Patagonia, characterized by rigorous climatic conditions; large areas of deforested soils under serious erosion process as a result of big forest fires in the past; the traditional cattle use of them; and the long turn required for planted forests. Forest plantations, as open forests, forest strips, windbreaks belts, riparian buffers or small shelter forests, are a mean to improve livestock productivity and the farm habitability. Regarding to owner incomes, those of the short term from livestock improve and long term incomes are added from the forest.

At the Aysén region there are some 48 thousand hectares of planted forests, mainly of *Pinus ponderosa* (Dougl.) Laws. and *Pinus contorta* (Dougl.) Laws., originally established for soil protection, most of them without management and currently with a low wood value. Farmer's interest on this resource is scarce and is often considered as an obstacle to the traditional cattle breeding activity.

The Chilean Forestry Institute (INFOR) through its Patagonian Agroforestry Centre in Coyhaique, is seeking alternatives to revert that situation and favor a higher soil productivity. Planted forest conversion to agroforestry systems appears as an appropriate one. Intensive forest management, including thinning and pruning, allows the production of quality wood by the end of the turn and, as the result of the tree tops opening, favors the conditions to increase prairie productivity. That way, a more productive livestock practice than that traditional in open field can be developed because of the forest component protection.

Main objective is to define and describe the tools for introducing an immediate productive complement on small and medium owner planted forests. Forest management is the mean to convert plantations into integrated production systems towards wood production in the long term and livestock in the short term. In this paper necessary forest management practices are indicated and described, including the involved yields, over the basis of an INFOR's experience in converting two *Pinus contorta* stands in a property close to Coyhaique city.

Palabras clave: *Pinus contorta*, Agroforestry Systems, Patagonia.



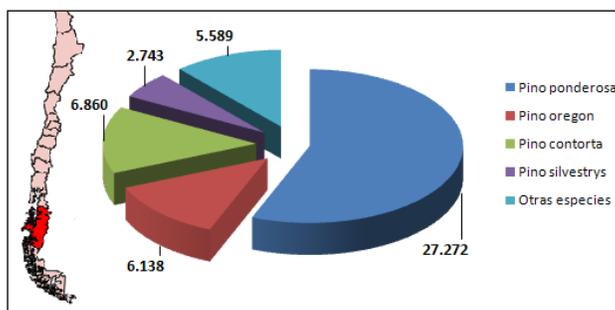
## INTRODUCCION

Los suelos de la región de Aysén son de aptitud preferentemente forestal y ganadera, lo que queda de manifiesto por los 5,6 millones de hectáreas de terrenos particulares bajos estos usos. Son adecuados para desarrollar los rubros productivos incluidos en este sector, como la ganadería bovina, la ganadería ovina y la explotación maderera (Ganderats *et al.*, 2009).

Pese a su importancia en la región, el sector silvoagropecuario ha sufrido una notoria baja en su rentabilidad durante los últimos años, con permanentes y sostenidas bajas en los precios de venta, lo que ha provocado, en algunos casos, la paralización casi completa de algunas de las actividades. Este escenario, unido a las condiciones topográficas y climáticas características de la región, hace muy difícil la implementación y desarrollo a gran escala de nuevos rubros productivos, por lo que el buscar solución a los rubros ganaderos y silvícolas tradicionales de la región parece ser lo más apropiado.

Una forma de mejorar la rentabilidad de estos rubros y de los predios de la región de Aysén, pasa por innovar e incorporar tecnologías adecuadas. Dentro de esta innovación e incorporación de tecnología, es posible la integración de la producción forestal y ganadera, dentro de un mismo espacio físico, lo que permita generar una sinergia, en la cual se vean beneficiados ambos rubros. Dentro de estas combinaciones, conocidas como Sistemas Agroforestales, las Cortinas Cortaviento Forestales y los Sistemas Silvopastorales, representan dos de las técnicas más difundidas y utilizadas a nivel mundial, pero de escasa o solo incipiente aplicación en Chile.

Los Sistemas Agroforestales permiten alcanzar distintos beneficios; desde el punto de vista técnico, los recursos agropecuarios (forraje y ganado), serán beneficiados por el mejoramiento de las condiciones ambientales, gracias a la protección brindada por los árboles, y reciclaje de nutrientes, entre otros; desde el punto de vista económico en tanto, se genera un flujo de caja anual, generado por la venta de productos animales (carne, lana) y producción de recursos madereros, como madera, postes o leña a más plazo.



(Fuente: Elaboración propia con información entregada por CONAF)

**Figura N°1**  
**SUPERFICIE REGIONAL DE PLANTACIONES FORESTALES**

En la región de Aysén hay algo más de 48 mil hectáreas cubiertas por plantaciones de especies exóticas (Figura N° 1). De ellas, *Pinus ponderosa* representa el 56% del total regional, seguida de *Pinus contorta* con un 14%, y son las especies más relevantes.

La mayor parte de estas plantaciones no han sido sometidas a manejo, razón por la que su valor maderero es bajo y existe poco interés en su aprovechamiento con este fin. Esta situación a motivado al Centro Agroforestal Patagónico (CAP) de INFOR, a buscar alternativas para potenciar el uso de los suelos y dar valor estos recursos mediante la aplicación de técnicas de manejo orientadas a convertir estas plantaciones forestales a Sistemas Silvopastorales.

En el presente trabajo se presenta una experiencia llevada a cabo por INFOR, en el predio de un propietario ganadero-forestal, quien acepta la intervención de dos rodales de *Pinus contorta*, que suman 4,5 ha, con el fin indicado, trabajo con el cual se pretende entregar las bases técnicas para ser implementadas por pequeños y medianos propietarios de la región.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Estudiar el rendimiento en una faena de raleo, con enfoque silvopastoral, en una plantaciones de *Pinus contorta* en la región de Aysén.

### Objetivos Específicos

- Evaluar los parámetros dasométricos del manejo forestal.
- Calcular los rendimientos de la conversión a manejo silvopastoral
- Evaluar tiempos y rendimientos de la faena de manejo forestal.
- Entregar bases técnicas, para convertir plantaciones forestales a Sistemas Silvopastorales, método aplicable a pequeños y medianos propietarios en la región de Aysén.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Área de Estudio

El área de estudio se ubica en el sector de Mano Negra, distante 13 km al noroeste de la ciudad de Coyhaique (Coordenadas UTM, 18G 4958366 730371), en la zona sur austral de Chile. En esta área se ubica una plantación de *P. contorta* de 31 años y se rodalizó en ella dos sectores no homogéneos, el primero presenta raleo y poda, mientras que el segundo no presenta intervenciones de manejo (Cuadro N° 1).

**Cuadro N° 1  
PARÁMETROS DASOMÉTRICOS DE LOS RODALES**

Rodal	Año Plantación	Superficie (ha)	Pendiente Media (%)	Densidad inicial (arb/ha)	Densidad final (arb/ha)	DMC (cm)
PC-01	1980	3,5	15	1.390	400	21
PC-02	1980	1	20	2.775	800	19

De acuerdo a la Clasificación Climática de Koeppen, el clima corresponde al Trasandino con Degradación Esteparia y se caracteriza por un volumen de precipitaciones y potencia de los vientos de gran intensidad.

Los vientos promedios fluctúan entre 37 y 56 km/h, con ráfagas de 60-80 km/h en época de primavera. Los suelos son moderadamente profundos a profundos, con textura moderadamente gruesa, drenaje interno bueno a moderado (IREN-CORFO, 1979), y ligeramente ácidos, provenientes de cenizas volcánicas (Hepp, 1996). La topografía del sector donde se ubica la plantación presenta lomajes suaves a moderados, con pendientes que varían entre 15 - 20%.



Vértice plantación y construcción del camino (a). Sector de claro al interior de la plantación (b).

**Figura Nº 2**  
**ÁREA DE ESTUDIO**

### Evaluación Dasométrica

Con el objeto de conocer el desarrollo de la plantación, se evaluaron los parámetros dasométricos, a través de un inventario de 6 parcelas circulares de 500 m<sup>2</sup> (radio de 12,62 m) distribuidas aleatoriamente, la población muestreada estuvo entre 8 y 10% del total de la plantación. En las parcelas se midió diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura total (HTOT).

### Sistema de Corta

Se utilizó sistema mecanizado con la siguiente secuencia de actividades (Figura Nº 3):



**Figura Nº 3**  
**MADEREO, DESRAME Y TROZADO, Y ACOPIO**

**Volteo:** Operador con motosierra voltea los árboles previamente marcados.

**Madereo:** Tractor New Holland TD-95 con huinche de 50 m. Los fustes son acarreados hasta un terreno despejado para su posterior desrame y apilado.

**Desrame:** Operador con motosierra para el desrame y despunte de los árboles volteados.

**Trozado:** Operador con motosierra, trozado a 3,3 m de longitud (con 10 cm de tolerancia al corte) para obtener productos aserrables hasta un índice de utilización de 14 cm de diámetro.

**Acopio:** Una vez trozados los troncos se procedió a arrumar los en un sector cercano al camino, utilizando la horquilla del tractor, separando trozos y leña.

## Estudio de Tempo y Rendimiento

Se realizó un estudio de tiempos mediante cronometraje discontinuo, en el que se registra cada minuto de la actividad que realizan los operarios, contabilizando de forma continua el rendimiento ( $m^3/h$ ). Con lo anterior se puede determinar tiempos productivos e improductivos.

Para determinar el volumen unitario de los árboles cosechados y homologar las actividades antes descritas, se tomó una sub-muestra y se cubicó cada árbol utilizando la fórmula de Smalian (Husch *et al.*, 1982), que consiste en una ecuación que utiliza el promedio la medición del diámetro menor y mayor de la troza. Obteniendo el valor promedio de cada árbol es posible estimar los rendimientos en con estudio de tiempos.

$$V = (D + d)/2 \times L$$

Donde: V = Volumen del trozo ( $m^3$ )  
D = Diámetro mayor del trozo (cm)  
d = Diámetro menor del trozo (cm)  
L = Largo del trozo (m)

## Estudio de Rendimiento en Aserrío

Se evaluó el volumen de madera aserrada que se obtiene de cada troza procesada. Es decir, la relación que existe entre el volumen producido de madera aserrada y el volumen en troza, a esta relación se le denomina Coeficiente de Aserrío o Rendimiento y se obtiene de la siguiente fórmula.

$$CA = [Madera Aserrada (m^3) / Madera en Trozo (m^3)] \times 100$$

Donde: CA = Coeficiente de Aserrío

Los equipos empleados fueron tractor con garra New Holland TD-95 año 2011 y un Huinche Tac Fun con cable de 50 m; motosierras marca Husqvarna 272xp y aserradero Wood Mizer lt15.

## Análisis Estadístico

Las variables fueron tratadas mediante el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) Versión 9.1.

## RESULTADOS PRELIMINARES

### Evaluación Dasométrica

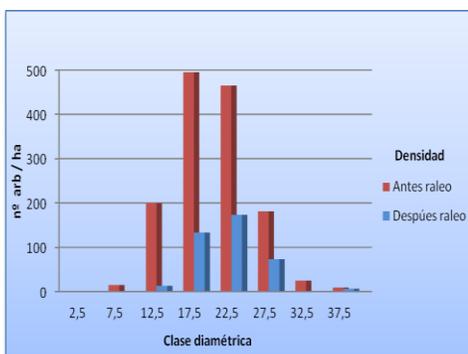
#### -Rodal Pc - 01

En el Cuadro N° 2 se indica los parámetros dasométricos del rodal PC-01. Se trata de una plantación de *P. contorta* de 31 años sometida a raleo con enfoque silvopastoral. La densidad original es de 1390 arb/ha, esta unidad de manejo fue sometida a un raleo al 70% de intensidad de la densidad y 66% en área basal. Se obtuvo una densidad residual de 400 arb/ha distribuidos homogéneamente en el rodal y con un aumento del DMC de 21 a 23 cm.

**Cuadro N° 2**  
**TABLA DE RODAL E INTENSIDAD DE CORTA RODAL Pc-01**

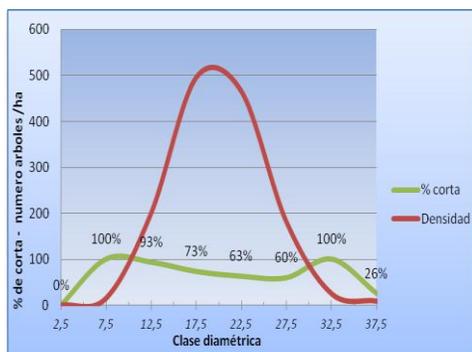
Clase Diámetro (cm)	Antes de Manejo		Después de Manejo			
	Densidad (arb/ha)	Área Basal (m <sup>2</sup> /ha)	Densidad (arb/ha)	Área Basal (m <sup>2</sup> /ha)	Corta por Clase	
					Densidad (%)	Área Basal (%)
2,5	0	0,00	0	0,00	0,0	0,0
7,5	15	0,10	0	0,00	100,0	100,0
12,5	200	2,90	13	0,20	93,4	93,1
17,5	495	13,10	133	3,87	73,1	70,5
22,5	465	18,65	173	7,33	62,7	60,7
27,5	181	10,86	73	4,27	59,5	60,7
32,5	25	2,00	0	0,00	100,0	100,0
37,5	9	0,90	7	0,67	25,6	25,6
<b>Total</b>	<b>1.390</b>	<b>48,51</b>	<b>399</b>	<b>16,34</b>	<b>71,2</b>	<b>66,3</b>
S <sup>2</sup>	80.900,00	42,84	800,00	6,67		
S	344,29	7,55	28,28	2,58		
CV (%)	24,68	15,29	7,07	15,76		
DMC (cm)	21,00		23,00			

La distribución de diámetros se concentra principalmente entre las clases 12,5 y 27,5 cm, obteniéndose un DMC de 23 cm una vez terminada la intervención. El número de árboles actuales en la plantación es de 400 arb/ha lo que significa un espaciamiento medio de 5 m.



**Figura N° 5**  
**DISTRIBUCION DEL NUMERO DE ARBOLES POR CLASE DE DIAMÉTROS EN RODAL Pc-01**

Se llegó a la densidad residual de 400 arb/ha, mediante una corta homogénea en porcentajes según clase diamétrica (Figura N° 6). Se observa que en las clases diamétricas 7,5 y 32,5 cm se eliminó el 100% de los árboles, mientras que en la categoría 37,5 cm se realizó una corta mas leve, del 26% de los árboles.



**Figura N° 6**  
**PORCENTAJE DE CORTA POR CLASE DIAMÉTRICA PARA EL RODAL Pc-01**

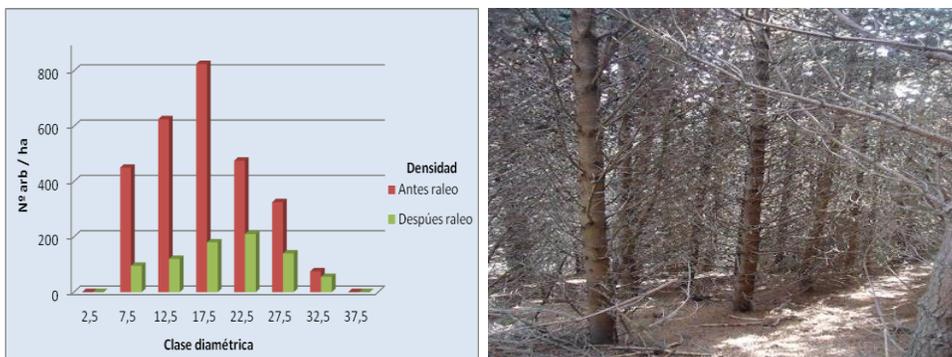
#### - Rodal Pc - 02

Este rodal no había sido objeto de manejos anterior, mantenía una alta densidad y presentava ramificación hasta la base de los árboles, lo que además de comprometer la calidad de la madera constituye un peligro en la propagación de incendios forestales. Como es posible observar en el Cuadro N° 3, el rodal Pc - 02 fue sometido a raleo menos intenso que Pc-01. Originalmente el rodal presentaba una densidad de 2.775 arb/ha y fue sometido a un raleo al 71% de intensidad en la densidad y 63,7% en el área basal, para llegar a una densidad residual de 800 arb/ha.

**Cuadro N° 3**  
**TABLA DE RODAL E INTENSIDAD DE CORTA RODAL Pc - 02**

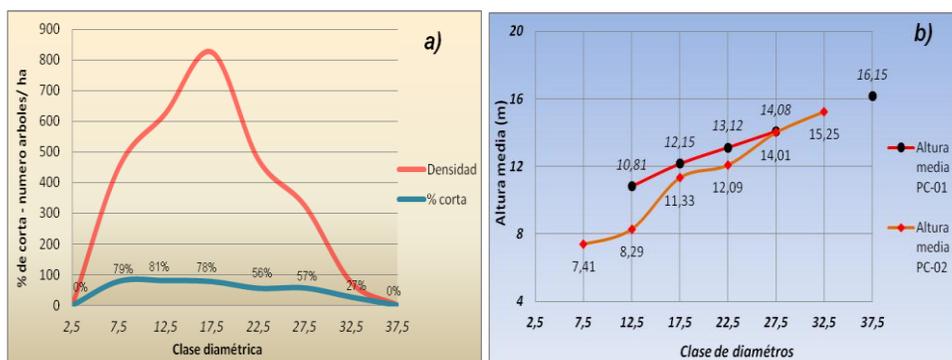
Clase Diámetro (cm)	Antes de Manejo		Después de Manejo			
	Densidad (arb/ha)	Área Basal (m <sup>2</sup> /ha)	Densidad (arb/ha)	Área Basal (m <sup>2</sup> /ha)	Corta por Clase	
					Densidad (%)	Área Basal (%)
2,5	0	0,00	0	0,00	0,0	0,0
7,5	450	3,00	95	0,63	79,0	78,9
12,5	625	9,00	120	1,73	81,0	80,8
17,5	825	20,75	180	4,53	78,0	78,2
22,5	475	18,75	210	8,29	56,0	55,8
27,5	325	18,25	140	7,86	57,0	56,9
32,5	75	6,00	55	4,40	27,0	26,7
37,5	0	0,00	0	0,00	0,0	0,0
<b>Total</b>	<b>2.775</b>	<b>75,75</b>	<b>800</b>	<b>27,44</b>	<b>71,2</b>	<b>63,8</b>
S <sup>2</sup>	1.012.550,00	298,50				
S	318,20	17,28				
CV (%)	11,47	34,32				
DMC (cm)	19,00					

El rodal Pc-02 después de la corta tiene una distribución normal y homogénea, como se puede apreciar en la Figura N° 7. La corta se concentró principalmente en las clases 7,5 y 32,5 cm, sin embargo se pretendió aumentar el DMC original de 19 cm y favorecer la permanencia de árboles de clases diamétricas superiores.



**Figura N° 7**  
**DISTRIBUCION DEL NUMERO DE ARBOLES POR CLASE DE DIAMÉTROS EN RODAL Pc-02**

Al someter el rodal a un raleo de alta intensidad (71% promedio), se logra crear condiciones favorables en la temperatura del aire y humedad del suelo para incidir positivamente en la producción de la pradera. En las clases diamétricas inferiores se aplicó mayor intensidad de corta (Figura N° 8) debido a las malas condiciones de calidad de los árboles dada la alta competencia a que estaban sometidos al no contar con manejos anterior.



**Figura N° 8**  
**PORCENTAJE DE CORTA POR CLASE DIAMÉTRICA PARA EL RODAL Pc-02 (a) y ALTURAS PROMEDIOS POR CLASE DIAMÉTRICA PARA LOS RODALES Pc - 01 y Pc - 02 (b)**

Además de la densidad, se analizó la altura media de los rodales sometidos a manejo y se aprecia una pequeña diferencia entre las alturas medias del rodal Pc - 01 (con manejo) y Pc - 02 (sin manejo). En general la altura promedio de PC-01 fue de 13,26 m mientras que PC-02 presentó una altura promedio de 11,40 m.

## CONCLUSIONES

Las plantaciones forestales de especies exóticas, en manos de pequeños y medianos propietarios de la región de Aysén poseen un buen potencial para ser convertidas en Sistemas Silvopastorales y generar así un nuevo modelo productivo para potenciar sus terrenos.

La mantención de una cobertura arbórea permanente en estos sistemas silvopastorales brinda protección a la pradera y el ganado ante bajas temperaturas, nieve, lluvia y viento, mejorando la productividad pratense y pecuaria.

Por tratarse de plantaciones adultas, la alta acumulación de desechos dificulta y aumenta los costos de cosecha, sin embargo, es una actividad que debe hacerse, ya que es necesaria para la producción de la pradera. En esta ocasión el madereo se realizó sacando el árbol completo a un lugar abierto. Debido al uso de tractor y huinche, esto no es recomendable aplicarlo con bueyes.

El raleo en ambos rodales tratados aumentó el diámetro medio cuadrático (DMC) y la altura media del rodal residual, dejando una plantación con un volumen acumulado mayor y de mejor calidad, lo que se reflejará en los ingresos de la próxima intervención.

## REFERENCIAS

**Ganderats, S.; Moya, I.; Sotomayor, A. y Teuber, O., 2009.** Sistemas Agroforestales para la Región de Aysén: Cortinas Cortavientos y Silvopastoreo. Coyhaique. 211 pág.

**Hepp, Ch., 1996.** Praderas en la Zona Austral: XI Región (Aysén). EN: Praderas para Chile. (Ed I. Ruiz). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 638 pág.

**Husch, B.; Miller, C. H. and Beers, T., 1982.** Forest Mensuration. Canadá. John Wiley. 401 pág.

**IREN – CORFO, 1979.** Perspectivas de Desarrollo de los Recursos de la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. Caracterización Climática. Coyhaique. 92 pág.

## RESUMEN

La cubierta forestal de Chile es hoy de aproximadamente 16 millones de hectáreas, superficie de la cual alrededor del 16% corresponde a bosques plantados y 84% a bosques nativos. Los primeros están compuestos principalmente por plantaciones de pino radiata (*Pinus radiata*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus ssp globulus* y *E. nitens*) y, secundariamente, por plantaciones de otras especies y algunas formaciones mixtas de especies exóticas y especies nativas. Los bosques nativos en tanto corresponden a diferentes tipos forestales o combinaciones de especies a lo largo del país. No obstante, son los primeros los que actualmente sustentan la desarrollada y creciente industria forestal nacional. Grandes volúmenes de productos de la transformación de la madera, como pulpa y papel, madera aserrada, tableros, chapas y otros, son destinados a los mercados exteriores, generando anualmente retornos de exportaciones cercanos a los 6 mil millones de dólares.

La especie mayoritariamente empleada en las plantaciones chilenas es pino radiata. Se estima que a principios de los años 70 del siglo pasado existían en el país unas 450 mil hectáreas de plantaciones y más del 90% de esta superficie correspondía a esta especie y el resto a otras como álamos (*Populus spp*), eucalipto (*Eucalyptus globulus ssp globulus*) y pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*) principalmente.

Hasta mediados del siglo XX la actividad forestal estaba basada en los bosques nativos y el principal producto de ellos era la madera aserrada. Este recurso había sido históricamente reducido en superficie y degradado desde los tiempos de la Colonia, como resultado de la habilitación de terrenos para agricultura y ganadería, de la utilización de su biomasa en los hornos de la minería, de grandes incendios forestales y de su sobreutilización, dejando así extensas áreas de suelos forestales desarbolados y bajo severos procesos de erosión. Esta situación motiva la expansión de las plantaciones forestales con especies de rápido crecimiento y ya en los años 60 de ese siglo la producción de madera aserrada proveniente de estas supera a la originada en los bosques nativos y continúa en un sostenido crecimiento hasta ahora.

Escasas y aisladas iniciativas se registran para revertir esta situación de destrucción y degradación de los bosques nativos. Solo a fines de siglo XIX y principios del siglo XX se publican las primeras normativas con este fin, aunque de escaso efecto, dado que sus componentes de fomento y control eran mínimas. En la segunda mitad del siglo XX se promulga un cuerpo legal de Fomento Forestal (DL 701 de 1974) que, además de incentivar las plantaciones forestales, regula la utilización de todo tipo de bosques. Esta normativa aplicada en el largo plazo tiene un decisivo efecto sobre el incremento de la superficie de plantaciones en el país y en el consecuente desarrollo de la industria forestal derivada de ellas. Sin embargo, no hay un efecto semejante en materia de bosques nativos al no contemplarse en la ley el fomento al manejo de estos, sino solo la regulación de su uso. Solo recientemente (Ley 20.283 de 2008), se promulga un cuerpo legal expresamente enfocado al fomento al manejo sostenible y recuperación de estos, el cual está en sus primeros años de aplicación.

Como resultado, hoy los bosques nativos distan mucho de aquellos que encontraron los españoles hace cinco siglos, su superficie se ha reducido respecto de la de aquel tiempo, prácticamente no participan en la producción forestal, se encuentran fraccionados, mayoritariamente degradados y empobrecidos en su composición de especies. No obstante, ya no existe deforestación en el país, toda intervención sobre los bosques está regulada y alrededor de la tercera parte de los bosques nativos está bajo protección dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. Más aún, la superficie de bosques nativos se ha incrementado significativamente respecto de la que existía a comienzos del siglo XX.

Las plantaciones forestales en tanto han experimentado un acelerado desarrollo y son hoy la base de una fuerte industria forestal. Están compuestas en un 60% por pino radiata y un 40% por otras especies, destacando entre estas aquellas de eucaliptos que hoy alcanzan al 30% de las plantaciones totales, con más de 700 mil hectáreas.

El Estado ha sido un agente determinante en este desarrollo basado en los bosques plantados con especies exóticas de rápido crecimiento; una fuerte política de fomento a las plantaciones mantenida por casi 40 años y un permanente esfuerzo de investigación en torno a la silvicultura, manejo y utilización de estas especies, desplegado principalmente por el Instituto Forestal, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), diversas universidades y las empresas privadas, son factores que han propiciado el permanente incremento de la superficie plantada en el país con todo el desarrollo económico e industrial asociado a este recurso.

Palabras clave: Política, Legislación, Fomento forestal, Plantaciones.

## SUMMARY

The current Chilean forest cover is about 16 million hectares, corresponding to planted forests (16%) and native forests (84%). Planted forests are mainly Radiata Pine (*Pinus radiata*) and Eucalypts (*Eucalyptus globulus ssp globulus* and *E. nitens*) plus other species minor plantations and some mixed forests (exotic and native species). Native forests correspond to different forest types or mixtures of species along the country. However, planted forests are the current support to the growing and developed national forest industry. Great product volumes from the forest enterprises, such as pulp and paper, sawn wood, boards and veneers and others, are sold to the foreign markets, generating exports returns close to 6 thousand million dollars every year.

Mean planted forest species is Radiata Pine and it is estimated that by the beginning of the 1970-1980 decade Chilean forest plantations were about 450 thousand hectares, being over than 90% Radiata Pine plantations and the remainder some other species as Poplars (*Populus spp*), Eucalypts (*Eucalyptus globulus ssp globulus*) and Douglas Fir (*Pseudotsuga menziesii*).

Until the middle of the XX century forest activity was based on native forests and main product was sawn wood. Since the Colony time this resource was reduced and degraded as the result of clearing soils for agriculture and cattle breeding, wood use in mining furnaces, large forest fires and in general forests over exploitation. This situation cause the later forest plantations expansion by using fast growing exotic species and by the 60s of the century planted forests sawn wood production already surpass that from native forests and maintain a sustained growing up today.

Few initiatives are registered to revert native forest destruction and only by the end of the XIX century and the beginning of the XX century the first regulations were published, but with a low effect because their promoting and controlling components were very weak. By the XX century second half a forest promoting law is promulgated (DL 701; 1974), mainly to promote afforestation but also to regulate native forests utilization, and applied on the long term this law results in a decisive effect on the increase of planted forest in the country and the associated industrial development. However, there is no a similar effect on native forests because the law does not consider management promotion for them, only use regulation. Just a few years ago a law is published to promote native forest recovering and management (Law 20.283; 2008).

As a result, native forests are currently much different than those found by Spanish people five centuries ago, the area has reduced and the forests are degraded, splited and impoverished on their species composition. Nevertheless, at present there is no deforestation in the country, all action over forests is regulated and one third of the native forest area is protected under the State National Protected Areas System. Moreover, the native forest area has increased significantly since the XX century beginning.

In the meantime, planted forests have had a great development and are now the basis of a strong forest industry. Plantations area is currently 60% Radiata Pine and 40% other species, mainly Eucalypt species reaching 30% of the total with more than 700 thousand hectares.

The State has been a determining agent in the forest development based on fast growing exotic species; a strong promoting policy to afforestation, stable for more than 40 years, and a permanent researching effort on planted forests silviculture, management and utilization, deployed mainly by the Chilean Forestry Institute (INFOR), the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO), and different universities and private enterprises, have been factors to the sustained planted forest area increase in the country and the industrial development based on this important renewable resource.

Key words: Policy, Legislation, Forest promotion, Planted forests.

## ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Durante la época prehispánica Chile estaba habitado por diversos pueblos originarios a lo largo de sus más de 4.000 km. Su vida se basaba en la agricultura y la ganadería y respetaban las reglas mínimas para mantener el equilibrio con la naturaleza. En las montañas se cazaba y recolectaba frutos y en las vegas y mallines se desarrollaban actividades agrícolas. Hacia el sur del país, ocupado por densos bosques, se practicaba la agricultura migratoria o de claros, despejando cada vez pequeñas superficies de dos a tres hectáreas, por períodos de hasta tres años, para luego permitir durante períodos más largos su recuperación (Otero, 2006).

Con la expedición de Diego de Almagro en 1536, que avanza hacia el centro del Chile actual, comienza la conquista del país. Al cruzar la Cordillera de Los Andes a la altura de Copiapó, se encontró en el primer trayecto hacia el sur con abundantes bosques mediterráneos y, en la medida que avanzaba, estos se hacían más abundantes y densos, y más ricos en su composición de especies.

A partir de 1589 y por más de dos siglos, se extiende el período de la Colonia, durante el cual la Corona Española domina Chile, básicamente en su mitad norteña, concentrándose ahí el uso de los recursos naturales. Numerosas son las crónicas, especialmente de los padres jesuitas y de algunos relatores militares, sobre la abundancia de bosques, ríos navegables y fértiles suelos que se ofrecían al quehacer humano. Todo se veía como un recurso inagotable y nadie se preocupaba de la sustentabilidad del mismo (Ovalle, 1646; Molina, 1782; de Olivares, 1864; de Rosales, 1877; González de Nájera, 1889; Elizalde, 1958; Grosse, 2009; Chateaufort *et al.*, 2011).

Ya al comienzo del período de la independencia de Chile, lograda en el año 1810, se levantan las primeras voces de preocupación por las lamentables destrucciones de bosques provocadas por las fundiciones mineras y los desmontes para usar las tierras en actividades agropecuarias. El científico francés Claudio Gay (1838) no solo hace ver el desastre que se estaba produciendo en la Región de Coquimbo a través de una carta al Ministro del Interior en el año 1838, sino que propone por primera vez un programa de forestación para recuperar los árboles cortados y mantener los bosques y su capacidad reguladora del clima. Sugiere para este fin álamos y sauces por su rápido crecimiento, no obstante, la destrucción de los suelos y la disminución de la vegetación arbórea hacen imposible considerar posteriormente la plantación de las dos especies recomendadas por Gay y, en la mayor parte de este territorio, solo habría cabida para la forestación con especies menores, más bien de características arbustivas.

Durante el siglo XIX continúa la destrucción de los bosques y, a pesar de incipientes esfuerzos de destacados políticos y científicos, los roces a fuego y la explotación de los bosques para fines mineros, agropecuarios y de consolidación de la ocupación territorial, no se detuvo (Pérez Rosales, 1910; Elizalde, 1958). La destrucción de bosques avanzaba hacia el sur, incorporando grandes áreas en las Regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos. El rendimiento para la producción de trigo en la zona de Malleco, considerada como el granero de

Chile durante la segunda mitad del siglo XIX, hacia el año 1900 ya se reducía a la mitad, para llegar a un 20% del rendimiento inicial treinta años más tarde (Elizalde, 1958).

Cargando así una pesada historia, se entra al siglo XX, donde al menos durante su primera mitad, pese a los primeros esfuerzos legislativos y de forestación, ahora le toca el turno de los roces a fuego a los bosques patagónicos. En los ríos, antes navegables en diferentes regiones, se estaba reduciendo o perdiendo esta característica, con la consecuente disminución o pérdida de las posibilidades de transporte fluvial de mercaderías.

Durante el año 1944, el Gobierno de Chile contrata a una misión de EEUU, dirigida por Irvin Haig, la cual tenía por finalidad evaluar la existencia de bosques en el país. El resultado de estos estudios arrojó que, de mantenerse el ritmo de las explotaciones, el país se convertiría en un importador neto de maderas al no disponer de bosques nativos de atractivo comercial.

Sería recién durante la segunda mitad del siglo XX cuando los esfuerzos de la sociedad reverten esta tendencia negativa y Chile se convierte en un gran productor de maderas sobre la base de plantaciones forestales.

## **INSTITUCIONALIDAD Y LEGISLACIÓN FORESTAL**

### **El Fomento Forestal Hasta la Primera Mitad del Siglo XX**

Los primeros intentos legislativos con la finalidad de detener la destrucción de bosques se remontan al año 1872, cuando la primera ley de protección de bosques autorizaba al Presidente de la República a restringir la corta de árboles para evitar la destrucción del suelo vegetal. Sin embargo, la total ausencia de una institucionalidad que pueda respaldar esta ley hace que su efecto sea nulo (Elizalde, 1958).

Bajo la importante influencia de Federico Albert, doctor alemán en Ciencias Naturales, contratado por el Gobierno a fines del siglo XIX, se crea en 1911 la Inspección General de Bosques, Pesca y Caza, sentándose la base para una incipiente institucionalidad (Hartwig, 1986). Su trabajo incluyó un primer programa de introducción de especies forestales, con la finalidad de encontrar aquellas con características pioneras, capaces de ocupar suelos degradados y de entregar beneficios económicos. La lista de estas incluye 26 especies, dentro de las cuales se encuentran el *Pinus radiata* y el *Eucalyptus globulus*, que un siglo más tarde se convertirían en el pilar de la economía forestal.

El primer esfuerzo legislativo que se puede considerar como exitoso fue la Ley de Bosques (DS. N° 4.363 de 1931, del Ministerio de Tierras y Colonización), normativa mediante la cual se fijaron diversas disposiciones de fomento y de protección para la actividad forestal.

Las primeras consistían principalmente en exenciones tributarias para los terrenos dedicados a la actividad forestal, en tanto que las disposiciones de protección contemplaban en general la prohibición de corta de árboles y arbustos nativos hasta ciertas distancias de manantiales y cursos de agua, y la infracción a estas normas tenía sanciones de multa y pena de presidio.

Otras disposiciones de esta ley facultan al Presidente de la República para establecer reservas de bosques y parques nacionales de turismo en terrenos fiscales y particulares que se compren o expropien, y en virtud de estas han sido establecidos diversos Parques Nacionales y Reservas Forestales; regulan el roce a fuego, como método de explotación en terrenos forestales y establecen penas de presidio y multas para los responsables del empleo de fuego en contravención a la Ley y su Reglamento; facultan al Presidente de la República para reglamentar la explotación de cortezas que contengan sustancias tánicas y saponinas y la recolección de frutos de árboles y arbustos nativos, en virtud de las cuales se han dictado diversas normativas sobre aprovechamiento de ulmo (*Eucryphia cordifolia*), tinoe (*Weinmannia trichosperma*), palma chilena (*Jubaea chilensis*), tamarugo (*Prosopis tamarugo*), espino (*Acacia caven*), boldo (*Peumus boldus*) y quillay (*Quillaja saponaria*), entre otras especies.

Las medidas de protección ambiental prácticamente no fueron respetadas y no hubo sanciones, dado que la institucionalidad forestal sigue estando ausente en este período y no había fiscalización. No obstante, hasta el año 1949, se plantaron 163 mil ha, principalmente de pino radiata, muy probablemente debido a los incentivos de exenciones tributarias (Cerdea *et al.*, 1992).

Concluye así una etapa de esfuerzos, que implicaron avances, lentos, pero concretos. Recién a partir de la segunda mitad del siglo XX se producen los cambios más notables que producen definitivamente un vuelco hacia un país que año a año aumenta su patrimonio forestal.

## El Fomento Forestal a Partir de la Segunda Mitad del Siglo XX

### -Institucionalidad

La segunda mitad del siglo XX trae grandes cambios en el plano de la formación de profesionales especializados, como ingenieros y técnicos forestales; de la consolidación de una institucionalidad forestal, que considera al Servicio Forestal (CONAF) y al Instituto de Investigación Forestal (INFOR); de la promulgación de leyes de fomento, tanto para la forestación y recuperación de suelos descubiertos como para el manejo del bosque nativo; y de la creación de un gran número de empresas forestales e industriales (Cuadro N° 1).

**Cuadro N° 1**  
**HITOS DE LA INSTITUCIONALIDAD Y LA LEGISLACIÓN FORESTAL CHILENA**  
**1950 – 2010**

1952	Creación Carrera de Ingeniería Forestal	Universidad de Chile
1954	Creación Carrera de Ingeniería Forestal	Universidad Austral
1961	Creación del Instituto Forestal (INFOR)	Nace como Proyecto del Gobierno de Chile y FAO y en 1965 se formaliza su creación por el Gobierno de Chile en el Ministerio de Economía.
1970	Creación Corporación Nacional Forestal (CONAF)	Nace como Corporación de Reforestación (COREF) y en 1973 es sucedida por la Corporación Nacional Forestal en el Ministerio de Agricultura
1974	Promulgación DL. N° 701	De Fomento a la Actividad Forestal
1994	Promulgación Ley N° 19.300	De Bases de Medio Ambiente Crea la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA)
1998	Promulgación Ley N° 19.561	Modifica DL. N° 701 y extiende su vigencia
2008	Promulgación Ley N° 20.283	De Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal
2010	Promulgación Ley N° 20.417	Crea el Ministerio de Medio Ambiente, que sucede a CONAMA

La institucionalidad forestal pública está dada en la actualidad principalmente por:

### **Corporación Nacional Forestal (CONAF)**

La Corporación Nacional Forestal existe desde el año 1973 y reemplaza en sus funciones a la Corporación de Forestación con un mandato ampliado. Es un servicio dependiente del Ministerio de Agricultura, cuyas principales funciones son la administración de la legislación de fomento forestal y del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, además de la mantención de programas de prevención y combate

de incendios forestales y de enfermedades y plagas forestales enfocados en pequeños y medianos propietarios.

### **Instituto Forestal (INFOR)**

El Instituto Forestal existe desde el año 1961. Es una Institución de investigación, desarrollo e innovación en el sector forestal, hoy adscrito al Ministerio de Agricultura, que desde su creación desarrolla investigaciones en torno a las plantaciones forestales, los bosques nativos y los productos forestales, manteniendo además las estadísticas e información sectorial y los inventarios de los recursos forestales.

Además, existen otras instituciones, como el Servicio Agrícola y Ganadero, con algunas funciones en el área de plagas y enfermedades, y el recientemente creado Ministerio de Medio Ambiente, relacionado con el Sistema de evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y otras funciones que aún están en estudio, relacionadas principalmente con la tución y administración del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE).

Respecto de la educación forestal, varias universidades imparten hoy la carrera de ingeniería forestal, a las más antiguas; Universidad de Chile y Universidad Austral, se han sumado la Universidad de Concepción y otras universidades y centros de formación técnica.

### **-Legislación**

El fomento a la actividad forestal es apoyado a partir del año 1974 por tres leyes, que son el DL N° 701 de 1974 de Fomento Forestal, la Ley 19.561 de 1998 que modifica el DL 701 y la Ley 20.283 del año 2008 de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal (CONAF, 2013).

#### **Decreto Ley N° 701 de 1974 de Fomento Forestal**

Contempla en lo principal, por 20 años y para todo tipo de propietario:

- Inexpropiabilidad de los suelos calificados como de Aptitud Preferentemente Forestal (APF)
- Bonificación estatal para la forestación o estabilización de dunas de un 75% de los costos directos de esta, en suelos calificados como APF, y que al año 1974 o años posteriores no tuviesen una cubierta vegetal con valor económico.
- Regula la intervención de todo tipo de bosques y obliga a plan de manejo previo.
- Hace obligatoria la reforestación de todo bosque intervenido, haya o no sido el suelo calificado como APF.
- Otorga una bonificación fija anual por unidad de superficie de forestaciones en suelos calificados como APF, por concepto de gastos de administración.

Para los efectos de la bonificación, anualmente se establecen tablas de costos de forestación por unidad de superficie, acordes con las características propias de cada región del país; la especie, la densidad de plantación, los cercados, la preparación de suelos y otras variables en cada caso.

#### **Ley N° 19.561 de 1998. Modifica DL. N° 701 y Readecúa su Reglamentación (DS. N° 193 de 1998)**

En lo principal, este cuerpo legal mantiene los incentivos estatales a la forestación, pero se focaliza en pequeños y medianos propietarios forestales, e incorpora incentivos para la recuperación de suelos degradados. Se mantiene la calificación de suelos como de

APF como condición previa para acogerse a los beneficios de la ley y estos beneficios se focalizan según nuevos criterios.

La bonificación, al igual que en el cuerpo legal original, corresponde a un incentivo del Estado, otorgado por una sola vez por cada superficie, y su otorgamiento regirá por un período de 15 años, contados desde el 01 de Enero de 1996. Sin embargo, en el caso de personas y comunidades indígenas, estas podrán percibir la bonificación nuevamente, aun cuando el terreno haya sido objeto de bonificación anterior, pero siempre que la cosecha del bosque se haya producido por personas distintas a los indígenas.

Las actividades objeto de bonificación son ahora las siguientes:

- Forestación en suelos frágiles, ñadis<sup>10</sup> o en áreas en proceso de desertificación.
- Forestación en suelos degradados y actividades de recuperación de dichos suelos o de estabilización de dunas.
- Establecimiento de cortinas cortavientos en suelos de cualquier clase, siempre que ellos se encuentren degradados o con serio peligro de erosión por efecto de la acción eólica.
- Forestación efectuada por pequeños propietarios (hasta 12 hectáreas de riego básico<sup>11</sup>) en suelos APF o en suelos degradados de cualquier clase, incluidas aquellas plantaciones de baja densidad para fines de uso silvopastoral. Mediante la Ley N° 20.488 se amplió esta bonificación a los Medianos Propietarios Forestales, cuyos ingresos anuales por ventas y servicios, no excedan de las 100.000 Unidades de Fomento<sup>12</sup> en el último año calendario (4,9 millones US\$).
- Bonifica también la primera poda y el raleo de la masa proveniente de las forestaciones efectuadas por pequeños y medianos propietarios forestales.

Respecto del monto de la bonificación, este se mantiene en el 75 % de los costos netos de las actividades objeto de bonificación y, en el caso de pequeños propietarios, se considera la asesoría profesional y los costos de poda y raleo.

Excepcionalmente, el monto de la bonificación ascenderá a un 90 % de los costos netos, para las primeras 15 hectáreas forestadas por pequeños propietarios en suelos APF o en suelos degradados de cualquier clase y para forestación en suelos degradados con pendientes superiores al 100 %. En este último caso, la masa proveniente de esta forestación, podrá ser objeto de cosecha solo mediante cortas selectivas o de protección, según especie.

El monto total de bonificación pagada efectivamente en el año 1996, determina la base para el pago de bonificación en los años posteriores. Si este monto, en moneda de igual valor, es excedido en los años siguientes durante tres años consecutivos, se efectuarán concursos públicos a los cuales postularán quienes pretendan obtener bonificación. Sin embargo, en este caso, el sistema de bonificación no será alterado respecto de los pequeños propietarios forestales que foresten en suelos APF o degradados de cualquier clase y aquellos que efectúen la primera poda o raleo de la masa proveniente de forestaciones por ellos realizadas.

---

<sup>10</sup> Ñadis: Son suelos planos a levemente ondulados e inundables. Presentan un estrato derivado de deposiciones de cenizas volcánicas de profundidad variable, de 20 a 80 cm. En la parte baja de este estrato existe una concreción de fierrillo que evita o limita el flujo vertical del agua.

<sup>11</sup> Una Hectárea de Riego Básico (HRB) es la superficie equivalente a la potencialidad de producción de una hectárea física, regada de suelo clase I de capacidad de uso, del Valle del Río Maipo (donde se dan las mayores productividades de los suelos en el país). Ej. En Arauco, Región del Bio Bio, en suelos Clase VI de Capacidad de Uso, 20 ha tendrían el potencial de producción de 1 HRB.

<sup>12</sup> Unidad de Fomento (UF). 1 UF = \$ 22.967 = US\$ 48,7 1 US\$ = \$ 472 (9 mayo 2013).

Se mantiene la obligación de plan de manejo para cualquier intervención sobre todo tipo de bosques, excepto en el caso de plantaciones forestales en terrenos no calificados de APF. Igualmente se mantiene la obligatoriedad de la reforestación tras la corta de bosques en terrenos APF y bosque nativo en todo tipo de terreno.

Durante la vigencia del DL N° 701 (1974) y su modificación (Ley N° 19.561 de 1998), entre los años 1976 y 2011 se ha forestado un superficie de 1.443 Mha, dentro de la cual 211 Mha son suelos degradados a los que se aplicaron medidas previas de recuperación. La superficie plantada durante el período es más del doble de la indicada y la diferencia corresponde principalmente a reforestación obligatoria y forestación realizada por los privados fuera del sistema de bonificaciones estatales. Esto ha involucrado una transferencia del Estado por 477 MMUS\$ y, si se agregan las otras bonificaciones, por concepto de administración anual, manejo, contención de dunas y establecimiento de cortinas cortavientos, la transferencia total alcanza a 539 MMUS\$ (CONAF, 2013).

La vigencia de este cuerpo legal y sus modificaciones y extensiones ha expirado en el año 2012. Hoy se encuentra en trámite legislativo una nueva normativa, que en lo principal mantendría las bonificaciones a la forestación, focalizadas en pequeños y medianos propietarios, pero ampliaría los objetivos de esta hacia fines como la dendroenergía y los servicios ambientales.

### **Ley N° 19.300 de 1994. De Bases Generales del Medio Ambiente**

Esta ley busca asegurar el derecho constitucional a vivir en medio ambiente libre de contaminación, estableciendo un marco jurídico al cual debe atenerse la actividad productiva de los sectores público y privado, determinando una mayor aceptación de los productos chilenos en los mercados internacionales, en los cuales se exigen ciertos requisitos ecológicos y estándares ambientales (SEA, 2013).

Las normas relacionadas con el sector forestal de esta Ley son:

- Proyectos que se consideran susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, deben someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), y entre estos se encuentran los proyectos de desarrollo o explotaciones forestales en suelos frágiles, en terrenos cubiertos de bosque nativo, industrias de celulosa, pasta de papel y papel, plantas astilladoras, elaboradoras de madera y aserraderos, todos de dimensiones industriales.

- Mediante el Decreto Supremo (DS) N° 30 de 1997 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia se estableció el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Respecto de los proyectos forestales sometidos al SEIA, este DS determina los casos en que las diferentes actividades comprendidas en estos proyectos revisten la calidad de dimensiones industriales.

Proyectos de desarrollo o cosecha forestal en suelos frágiles y en terrenos cubiertos de bosque nativo. La dimensión industrial de estos proyectos está determinada por la superficie única o agregada que abarquen:

I a IV Regiones:	20 ha/año
V a VII Regiones, incluyendo la Metropolitana:	200 ha/año
VIII a XI Regiones:	500 ha/año
XII Región:	1.000 ha/año

Respecto de la industria de celulosa, de pasta de papel y de papel, se considera que reviste dimensiones industriales cuando su consumo anual de madera sea igual o superior a 350.000 m<sup>3</sup>.

En cuanto a las plantas astilladoras y aserraderos, las dimensiones industriales están dadas por un consumo de madera igual o superior a 25 m<sup>3</sup> por hora. Este límite para las plantas de paneles está en 10 m<sup>3</sup> por hora.

- Reitera la obligatoriedad de los planes de manejo y exige, adicionalmente, incluir en ellos medidas de mantención de caudales de agua, de conservación de suelos, de mantención del valor paisajístico y de protección de especies en peligro de extinción, vulnerables, raras o insuficientemente conocidas.

- Se obliga al Estado a administrar un Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, que incluirá también los parques y reservas marinas.

- Permite la creación voluntaria de áreas silvestres protegidas de propiedad privada.

### **Ley N° 20.283 de 2008. De Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal**

Conocida como la Ley del Bosque Nativo, tiene como objetivos la protección, la recuperación y el mejoramiento de los bosques nativos, con el fin de asegurar la sustentabilidad forestal y la política ambiental.

Para esto considera un fondo de conservación, recuperación y manejo sustentable del bosque nativo, de carácter anual y concursable, del orden de los 8 MM US\$ (4 MM US\$ para pequeños propietarios y 4 MM US\$ para otros postulantes), que contribuya a solventar costos de actividades que propendan a estos fines, en proyectos madereros, no madereros y de preservación presentados por propietarios forestales (CONAF, 2013a).

La ley define tres categorías de bosque nativo:

- **Bosque Nativo de Preservación:** Aquél, cualquiera sea su superficie, que presente o constituya actualmente hábitat de especies vegetales protegidas legalmente o aquéllas clasificadas en las categorías de en peligro de extinción, vulnerables, raras, insuficientemente conocidas o fuera de peligro, o que corresponda a ambientes únicos o representativos de la diversidad biológica natural del país, cuyo manejo solo puede hacerse con el objetivo de resguardo de dicha diversidad.
- **Bosque Nativo de Conservación y Protección:** Aquél, cualquiera sea su superficie, que se encuentre ubicado en pendientes iguales o superiores a 45%, en suelos frágiles, o a menos de 200 m de manantiales, cuerpos o cursos de agua naturales, destinado al resguardo de tales suelos y recursos hídricos.
- **Bosque Nativo de Uso Múltiple:** Aquél, cuyos terrenos y formaciones vegetales no corresponden a las categorías de preservación o de conservación y protección, y que está destinado preferentemente a la obtención de bienes y servicios maderables y no maderables.

Esta ley contiene diversas normas que tienden a la conservación de los recursos ambientales asociados a los bosques nativos. Las principales de las cuales son:

- Obligatoriedad de plan de manejo previo para toda corta de bosque nativo, cualquiera sea el terreno en que este se encuentre.

- Toda corta de bosque debe efectuarse resguardando la calidad de las aguas, el deterioro de los suelos y la conservación de la diversidad biológica.

- Prohíbe la corta y destrucción de árboles y arbustos nativos en una distancia de 500 metros de los glaciares.

- Prohíbe la corta y destrucción de individuos de las especies vegetales nativas clasificadas en alguna categoría de conservación; en peligro de extinción, vulnerables, raras, insuficientemente conocidas, o fuera de peligro, que formen parte de un bosque nativo, como asimismo la alteración de su hábitat. La prohibición no afecta a los individuos de dichas especies plantados por el ser humano.

- Obligatoriedad de reforestación posterior a corta de bosque nativo, la cual se puede lograr mediante repoblación artificial, regeneración natural o una combinación de ambas.

- Actividades objeto de bonificación: La ley, al igual que el D.L. N° 701, otorga una bonificación estatal para contribuir a la conservación, recuperación o manejo del bosque nativo. Para este fin se establece un fondo concursable. Las actividades susceptibles de ser bonificadas corresponden a las siguientes:

Actividades que favorezcan la regeneración, recuperación o protección de formaciones xerofíticas de alto valor ecológico o de bosques nativos de preservación. Hasta 5 UTM<sup>13</sup>/ha (US\$ 400/ha).

Actividades silviculturales dirigidas a la obtención de productos no madereros. Hasta 5 UTM/ha (US\$ 400/ha).

Actividades silviculturales destinadas a manejar y recuperar bosques nativos para fines de producción maderera. Hasta 10 UTM/ha (US\$ 800/ha).

Elaboración de Planes de Manejo Forestal concebidos bajo el criterio de ordenación, cuyos proyectos hayan sido seleccionados en los concursos. Hasta 0,3 UTM/ha (US\$ 24/ha), sujeta a actividades objeto de bonificación.

Investigación Forestal: Además de los recursos que considera la bonificación antes señalada, la ley establece otro fondo público para la postulación de proyectos de investigación referidos al bosque nativo y sus ecosistemas. Su monto se define anualmente, para el IV Concurso (2013) está disponible un monto aproximado de 1,8 MMUS\$ (CONAF, 2013).

En los años 2010 y 2011 se han tramitado más de 7 mil solicitudes referentes principalmente a planes de manejo y un número reducido aún de solicitudes de bonificación relacionadas con ejecución de planes para productos madereros, no madereros y bosques de preservación (CONAF, 2013). Existe aún una baja tasa de utilización de los fondos disponibles (alrededor de un tercio de estos).

## **PLANTACIONES FORESTALES**

### **Las Especies Exóticas o Introducidas en Chile**

En Chile existe una gran cantidad de especies arbóreas exóticas que han sido introducidas al país desde la época de la Conquista hasta la actualidad. Numerosas especies latifoliadas y coníferas, ornamentales o productoras de madera o frutos, son parte del paisaje chileno en el campo y las ciudades desde hace siglos. Varias de ellas son percibidas por la sociedad como especies chilenas, ejemplo de esto son álamo ("álamo guacho"), sauce ("sauce llorón"), aramo, pino, eucalipto, nogal, castaño y otras, componentes del entorno rural y urbano del país, pero que fueron tempranamente introducidas desde diferentes regiones del mundo, como Europa, Norteamérica, Asia, Australia y otras.

---

<sup>13</sup> Unidad Tributaria Mensual. 1 UTM ≈ US\$ 80 mayo 2013

## -Los Inicios

Hacia fines del siglo XIX se podría ubicar el nacimiento de la silvicultura con especies forestales introducidas en Chile, cuando ya se empieza a prestar atención a especies que pudieran permitir el establecimiento de plantaciones forestales con fines comerciales, dentro de la gran variedad de condiciones climáticas y ecológicas que caracterizan al país y en las importantes superficies desarboladas que era necesario repoblar.

Pioneros en esto son dos técnicos alemanes; Federico Albert y Konrad Peters, que desarrollaron sus trabajos principalmente en Chanco y Lota, zonas costeras de las hoy Regiones de Maule y Bio Bio, respectivamente, a fines del siglo XIX e inicios del siglo XX.

En 1889 el Gobierno de Chile contrata al naturalista alemán Federico Albert para trabajar en el Museo Nacional de Historia Natural de Santiago, quien fue el primer visionario que impulsó el desarrollo forestal en Chile.

Albert desarrolló gran parte de sus trabajos en las dunas de Chanco, en la Región del Maule, motivado por el extenso campo de dunas costeras ahí existente que amenazaba cubrir el pueblo del mismo nombre, además de importantes áreas de cultivo. Realizó trabajos de contención y forestación de dunas que fueron pioneros y salvaron a este pueblo de ser cubierto por el incesante avance de las dunas.

En el año 1909 publica *Los 7 Árboles Forestales más Recomendables para el País* (Albert, 1909). Las especies destacadas por Albert son todas exóticas, con la excepción de pimientillo (*Schinus molle*) y todas ellas son especies conocidas actualmente, presentes en los campos en pequeños bosquetes o en alamedas y en plazas y parques como ornamentales.

Albert señala 7 especies principales para terrenos de secano y una serie de otras adicionales para zonas al norte o al sur de la que fue su zona de estudio, y distinguiendo también para terrenos regados:

- *Eucalyptus resinifera*, *Cupressus torulosa*, *Pinus canariensis*, *Pinus insignis*, *Pinus maritima*, *Acacia melanoxylon* y *Robinia pseudoacacia*.
- Para más hacia el norte señala *Cupressus sempervirens*, *Pinus pinea* y *Schinus molle* y para zonas más hacia el sur varias coníferas entre las que están *Pseudotsuga taxifolia* y *Pinus sylvestris*.
- Para terrenos regados varias especies entre las que se encuentran *Eucalyptus diversicolor*, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus viminalis*.

Varias de estas especies han sido posteriormente redescritas por los botánicos y se les ha cambiado sus nombres científicos, así *Pinus insignis* es hoy pino radiata (*Pinus radiata*), *Pseudotsuga taxifolia* es conocido ahora como pino Oregón o Douglas Fir (*Pseudotsuga menziesii*) y *Pinus maritima* es hoy pino marítimo (*Pinus pinaster*).

De las especies seleccionadas por Albert hace más de 100 años, solo una pocas tienen hoy importancia forestal. Entre ellas están *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, especies que son la base de las plantaciones forestales actuales de la zona centro-sur del país. Se suman pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii*), especie importante en las plantaciones de la zona sur y austral, y pino piñonero (*Pinus pinea*), aramo australiano (*Acacia melanoxylon*) y acacia falsa (*Robinia pseudoacacia*), especies con una incipiente participación actual en plantaciones en diferentes regiones del país.

Por su parte, desde mediados del siglo XVIII, los fundadores de la Industria Carbonífera de Lota, la familia Cousiño, compraron importantes extensiones de terrenos en la zona costera de Arauco, con el objeto de obtener la madera necesaria para revestir las galerías subterráneas de las minas que se extendían hasta bajo el mar.

A medida que avanzaban las galerías, el consumo de madera hacía que los bosques utilizables estuvieran cada día más lejanos. Esta situación estaba comprometiendo seriamente los niveles de producción de la industria, lo que condujo a que se contratara en 1906 a un técnico europeo que pudiera cuidar y hacer crecer los bosques. Este técnico resultó ser el ingeniero forestal alemán Konrad Peters.

La obra de Peters en el campo de los ensayos forestales es muy importante, aunque poco conocida. Después de unos cuantos fracasos obtuvo éxito con *Eucalyptus globulus*, que desde ese momento fue la especie más ampliamente plantada en la zona y resolvió la crisis de abastecimiento de madera de la industria del carbón. Entre los años 1902 y 1920 hizo plantar unas 800 ha de pino radiata, pensando que su madera serviría para las minas igual que el eucalipto, sin embargo, cuando las primeras plantaciones empezaron a producir madera, se apreció que esta no tenía suficiente resistencia para ser empleada en las minas y además no “avisaba”<sup>14</sup> (Bay-Schmith, 1965).

El mismo autor (1965) señala que a partir de 1950, ya extendidas las plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* y cubierta la ya decreciente demanda de madera de la minería del carbón, es la Compañía Agrícola y Forestal Colcura la que continúa evaluando ensayos anteriores de especies y probando con nuevas especies en la zona costera de Arauco. Las prioridades cambian hacia la búsqueda de especies que permitieran ir formando gradualmente bosques diversificados, menos vulnerables a eventuales plagas y enfermedades.

### **-El Programa de Introducción de Especies del Instituto Forestal**

En 1961, con la creación del Instituto Forestal, se da inicio a un programa sistemático de introducción de especies forestales al país. Se efectúa una zonificación geográfica general sobre la base de grandes grupos de suelos y regiones climáticas y, entre los años 1963 y 1975, se cubre el país con más de 60 ensayos, entre las Regiones de Coquimbo y Aysén, en los cuales se prueba unas 200 especies, tanto coníferas como latifoliadas.

Las sucesivas evaluaciones de los diferentes ensayos entregaron progresivamente información sobre la respuesta de las especies en los distintos sitios y tempranamente empezaron a destacar varias especies de eucaliptos por su rápido y vigoroso crecimiento, sobrepasando notablemente en muchos casos los alcanzados por pino radiata y *Eucalyptus globulus ssp globulus*, no obstante que estos ensayos ratificaron el valor de estas especies, y para una zona más amplia del país (Regiones de Valparaíso a Los Lagos).

Sucesivas publicaciones e investigadores de INFOR entregan valiosos resultados del programa (Barros *et al.*, 1979 y 1979a; Prado *et al.*, 1986; Prado y Barros, 1989) ordenados según tres grandes regiones en el país; Mediterránea Semiárida, Mediterránea Central y Oceánica de Los Lagos. Las especies más destacadas por cada una de estas son las indicadas en el Cuadro N° 2.

En la Región Mediterránea Semiárida, dada su extensión latitudinal, destacan una cierta cantidad de especies, desde la parte norte con precipitaciones de 200 a 300 mm, donde existen posibilidades de uso principalmente para *Eucalyptus camaldulensis*, *E. cladocalyx* y *E. sideroxylon*, hasta la parte sur, especialmente por la costa y con precipitaciones en torno a 600 mm y más, donde algunas especies de zonas más húmedas, como *Eucalyptus nitens* y *E. regnans* ya muestran buenos resultados.

---

<sup>14</sup> Las maderas duras como algunas nativas y eucalipto crujen antes de colapsar, lo que permitía a los mineros escapar de las galerías oportunamente antes que se derrumbaran.

En la Región Mediterránea Central, con mayores precipitaciones medias y en especial en las zonas costeras, se encuentran sitios de muy buena calidad para el desarrollo de plantaciones de eucalipto y aquí destacan claramente los resultados de crecimiento obtenidos principalmente con *Eucalyptus delegatensis*, *E. globulus ssp globulus*, *E. nitens* y *E. regnans*.

En la Región Oceánica de Los Lagos, con precipitaciones medias anuales ya por sobre los 1.000 mm anuales, las principales limitantes están dadas por las temperaturas mínimas extremas, principalmente en sectores interiores y de precordillera andina, con intensas heladas y en algunos casos eventuales nevadas. Esto hace a *Eucalyptus nitens*, *E. delegatensis* y *E. regnans*, y en especial a *E.viminalis* y *E. gunnii*, especies considerablemente más seguras que *E. globulus ssp globulus* para las plantaciones.

**Cuadro N° 2**  
**ESPECIES DESTACADAS POR REGIÓN**

	REGIÓN		
	MEDITERRÁNEA SEMIÁRIDA	MEDITERRÁNEA CENTRAL	OCEÁNICA DE LOS LAGOS
	30 - 36° LS 14 - 15 °C Media Anual 100 - 700 mm Media anual	34 - 40° LS 12 - 14 °C Media Anual 700 - 1.800 mm Media anual	39 - 42° LS 11 - 12 °C Media Anual 1.200 - 2.350 mm Media anual
ESPECIES			
<i>E. astringens</i>			
<i>E. brockwayi</i>			
<i>E. camaldulensis</i>			
<i>E. citriodora</i>			
<i>E. cladocalyx</i>			
<i>E. dalrympleana</i>			
<i>E. delegatensis</i>			
<i>E. diversicolor</i>			
<i>E. fastigata</i>			
<i>E. gomphocephala</i>			
<i>E. globulus ssp globulus</i>			
<i>E. globulus ssp biscostata</i>			
<i>E. gunii</i>			
<i>E. nitens</i>			
<i>E. obliqua</i>			
<i>E. polybractea</i>			
<i>E. sideroxylon</i>			
<i>E. regnans</i>			
<i>E. resinifera</i>			
<i>E. viminalis</i>			

(Fuente : Prado et al., 1986; Prado y Barros, 1989)

En el resumen del Cuadro N° 2 se ha incluido solo especies del género *Eucalyptus*, dado que las evaluaciones de los ensayos hasta edades de 10 a 16 años en la época mostraban en general diferencias muy importantes de crecimiento con otras latifoliadas y con coníferas.

Entre otras latifoliadas había buenos registros de crecimiento, aunque solo en muy buenos sitios en la Región Mediterránea Central, con especies del género *Populus*.

Entre las coníferas, además de *Pinus radiata*, se registraban buenos resultados con especies como *Pinus muricata*, *Pseudotsuga menziesii*, *Chamaecyparis lawsoniana* y otras, en la misma región la primera, y hacia zonas más frías de la Región Oceánica de los Lagos las restantes, pero siempre por debajo de los registros de crecimiento de aquellas del género *Eucalyptus*.

A modo de ejemplo, en un ensayo en la zona costera de Arauco, Región Mediterránea Central, *Eucalyptus nitens*, *E. regnans*. y *E. delegatensis*, muestran a los 15 años de edad tasas de incremento volumétrico medio por sobre los 50 m<sup>3</sup>/ha/año, superando claramente el desarrollo de *Eucalyptus globulus ssp globulus* y pino radiata, y *E. fastigata* iguala al primero y supera claramente también a pino radiata. Esto pese a que, tratándose de un sitio de muy buena calidad, estas especies tradicionales de la forestación en el país muestran un muy buen desarrollo. Resultados como los obtenidos en este ensayo fueron registrados en diferentes otros ensayos hacia el norte, hacia el sur y hacia zonas interiores, con variados niveles en materia de rendimientos, pero con similar tendencia general en la respuesta relativa de las especies.

Los resultados obtenidos en las diferentes regiones impulsaron a INFOR a iniciar diferentes investigaciones en torno a la silvicultura de las especies más destacadas. Así fueron desarrolladas técnicas de viverización de plantas, introduciéndose el uso de los contenedores, de la fertilización combinada con el riego (ferti-riego) y de los tratamientos de endurecimiento de plantas, y también las técnicas intensivas de establecimiento de plantaciones, incluyendo una intensa preparación de suelos con subsolado en el caso de suelos más compactados, control de competencia y adiciones iniciales de fertilizantes. Todas estas, técnicas de amplia utilización actualmente.

Igualmente INFOR inició ensayos incorporando la variable procedencia de semillas, antes no considerada, dada la limitada cantidad de procedencias con que se trabajaba en los inicios del programa. Fueron establecidos ensayos con varias procedencias para las especies más destacadas y esto derivó posteriormente en pruebas de completas colecciones de procedencias de semillas en las que también se consideraron las progenies en cada caso, dando origen a los programas de mejoramiento genético.

Barros (1993) entrega resultados de un ensayo establecido la Cordillera de la Costa de la Región Oceánica de Los Lagos, cercano a Valdivia, en el que fueron probadas algunas procedencias de las especies más destacadas, y los resultados a solo 12 años de edad muestran un muy buen crecimiento de las especies probadas, con la excepción de *Eucalyptus globulus*, que es la de menor resistencia a frío del grupo

En el ensayo indicado se registra también importantes diferencias entre procedencias, destacando por sobre todas la procedencia 11814 de *Eucalyptus nitens* (Anembo NSW, Australia), que registra 549 m<sup>3</sup>/ha, un crecimiento anual medio de 46 m<sup>3</sup>/ha/año a los 12 años de edad y un crecimiento anual corriente entre los 10 y 12 años de edad que supera los 100 m<sup>3</sup>/ha/año.

Resultados como los indicados en estas investigaciones de INFOR explican por una parte el fuerte incremento de la participación de especies de eucaliptos en las plantaciones forestales y la instalación de plantas de celulosa de fibra corta basadas en este recurso y, por otra, la intensificación de la investigación en torno a estas especies, desde ahondar en las técnicas de vivero y propagación y de establecimiento de plantaciones hasta el mejoramiento genético, el manejo silvícola y el estudio de las propiedades y utilización de sus maderas.

## **Evolución de las Plantaciones Forestales en el País**

### **-Superficie de Plantaciones**

Toda la información reunida sobre el comportamiento de diferentes especies introducidas al país, desde los inicios con los trabajos pioneros de Albert y Peters hasta el programa sistemático de introducción y selección de especies de INFOR y la investigación silvícola asociada, ha propiciado la creación de importantes recursos forestales mediante la forestación con especies de rápido crecimiento, proceso paulatino desde mediados del siglo pasado y acelerado notablemente desde los años 80 de aquél hasta ahora.

De acuerdo con las actualizaciones anuales que INFOR efectúa de las plantaciones en el país, las 450 mil hectáreas de plantaciones existentes en 1973, compuestas en un 90% por pino radiata, se duplican para 1983, sobrepasando el millón de hectáreas, y nuevamente se duplican para el año 2011, superando largamente los dos millones de hectáreas y mostrando ya una mayor

diversificación de especies, participando pino radiata en 63%, eucaliptos en 30% y otras especies acercándose a un 10% (Cuadro N° 3).

**Cuadro N° 3**  
**SUPERFICIE PLANTACIONES FORESTALES SEGUN ESPECIE Y AÑO<sup>15</sup>**

AÑO	TOTAL	<i>Pinus radiata</i>	<i>Eucalyptus spp</i>	Otras
		( ha )		
1973	450.000	400.000	-	50.000
1980	794.510	716.939	33.200	44.371
1983	1.067.688	967.719	40.419	59.550
1985	1.188.635	1.040.250	51.173	97.212
1990	1.460.530	1.243.293	101.700	115.537
1995	1.818.185	1.379.746	302.248	136.191
2000	1.989.061	1.474.733	358.616	155.712
2005	2.125.099	1.419.300	552.338	153.461
2010	2.341.850	1.471.806	695.701	174.343
2011	2.394.866	1.480.803	740.360	173.703

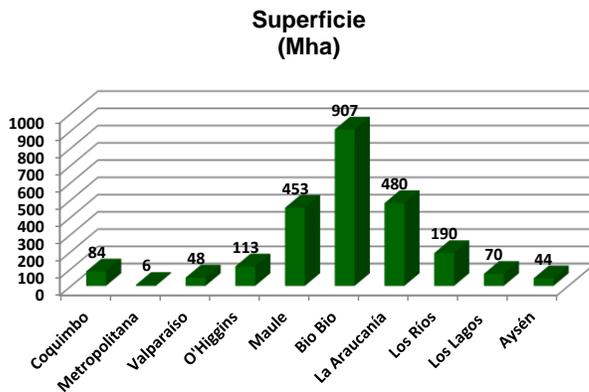
(Fuente: INFOR, 2012)

Si bien existen plantaciones forestales en todo el país hay una fuerte concentración de estas en las Regiones de Maule, Bio Bio y La Araucanía, que en conjunto reúnen el 77% de la superficie total, en especial la Región del Bio Bio, que representa el 38% del total plantado en el país (Figura N° 2).

Esta concentración geográfica se debe al excelente crecimiento que alcanzan las plantaciones en la zona centro sur del país y a que se ha desarrollado paralelamente una buena infraestructura caminera y portuaria, además de toda la capacidad industrial, tanto para la transformación química como mecánica de la madera. Esta situación fue también propiciada por la disponibilidad y valor de los suelos adecuados para forestación que existía en estas regiones del país en las primeras etapas de este proceso de repoblación forestal

Las plantaciones forestales en general han recuperado suelos forestales desprovistos de cubierta forestal que se encontraban bajo severos procesos de erosión y, en algunos casos, suelos agrícolas y ganaderos de secano, abandonados por estas formas de uso debido a bajos rendimientos y también bajo fuertes procesos erosivos. En consecuencia, las plantaciones no han representado una presión de importancia en materia de sustitución de bosques nativos, han ocupado terrenos en los que antiguamente, desde los tiempos de la Colonia, estos fueron eliminados por grandes incendios forestales o por cortas a tala rasa para despejar suelos para uso agrícola y ganadero.

<sup>15</sup> Las superficies de plantaciones corresponden a las entregadas por la actualización de superficie de plantaciones de INFOR a diciembre 2011, que incluye las Regiones de Coquimbo a Aysén. No obstante, existe información respecto de que en las regiones extremas del norte y del sur (Arica a Atacama y Magallanes), donde por razones climáticas principalmente no existen mayores superficies plantadas, hay plantaciones, principalmente de *Prosopis tamarugo*, *P. alba* *P. chilensis* y *Eucalyptus globulus* en el norte, y de algunas coníferas, en el sur, que en conjunto representan una 30 mil hectáreas. Además, las actualizaciones periódicas de INFOR no incluyen superficies de bosques o plantaciones mixtas (especies nativas y exóticas) y subestiman en plantaciones recién establecidas, 1 a 2 años, dado que no son fácilmente identificables con los métodos de percepción remota que utiliza. Las regiones no incluidas y las situaciones indicadas permiten suponer que habrían unas 200 Mha de plantaciones adicionales a la superficie que arroja la actualización y que el total plantado en el país sería cercano a 2,6 MMha.



(Fuente, INFOR, 2012)

**Figura N° 1**  
**PLANTACIONES FORESTALES POR REGIÓN (2011)**

### -Propiedad de las Plantaciones

Respecto de la propiedad, las plantaciones forestales en Chile son privadas y existe una fuerte concentración de ellas en manos de las grandes empresas forestales en la zona centro sur y sur del país, que reúnen casi el 60% de la superficie plantada. Aun así, los pequeños propietarios forestales poseen algo menos de la cuarta parte de la superficie plantada Figura N° 2.

(%)  
Total: 2,4 MM ha 2011

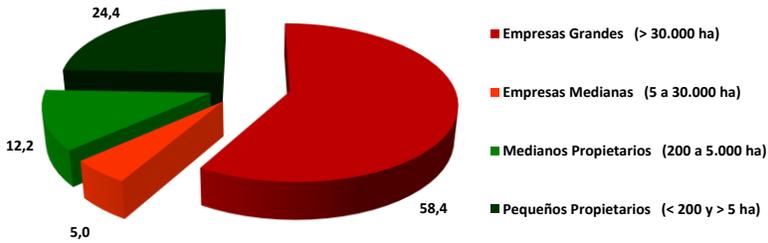


Figura N° 2  
PLANTACIONES FORESTALES SEGÚN TAMAÑO DE PROPIETARIO

### -Tasa de Plantación

Durante las últimas cuatro décadas se ha estado plantando a una tasa media anual cercana a 100 mil hectáreas, hoy el país dispone de 2,4 millones de hectáreas de plantaciones y ya se ha destacado la importancia productiva que este recurso renovable, que además ha representado una progresiva liberación de la presión sobre los bosques nativos.

Un factor determinante en este acelerado proceso de repoblación forestal ha sido una sostenida política estatal de fomento a las plantaciones forestales, iniciada en 1974 y mantenida con algunas modificaciones hasta la actualidad. Desde la puesta en vigencia de la mencionada legislación, la tasa media de plantación anual es de 96.072 ha (1975 – 2011), por lo que han sido plantados unos 3,6 MMha en 37 años (Figura N° 3) y descontados los consumos anuales en el período queda la superficie actual de 2,4 MMha.

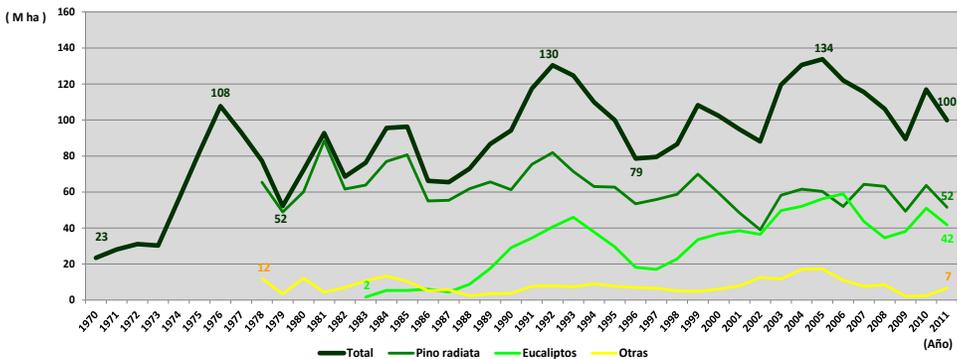
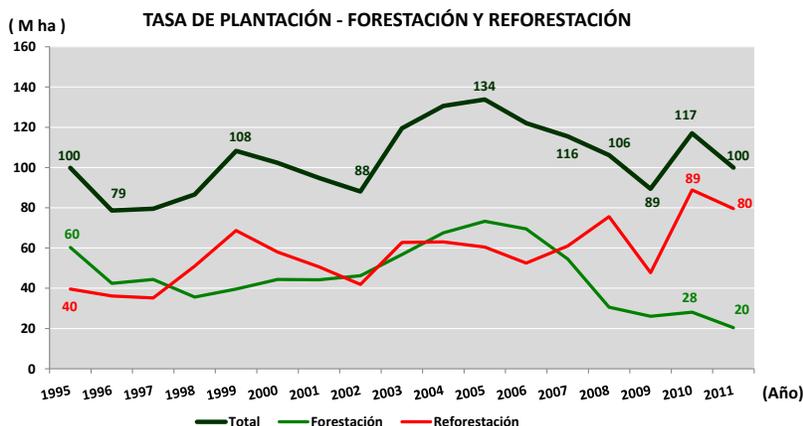


Figura N° 3  
TASA DE PLANTACIÓN POR AÑO Y ESPECIES

La tasa anual de plantación ha experimentado altos y bajos, dados por la situación económica general (crisis económicas mundiales), por variables climáticas (sequías) y por la vigencia o las expectativas de vigencia de los incentivos estatales a la forestación. La primera reducción de importancia de esta tasa se produce a fines de los años 70, cuando el Estado deja de plantar, lo que representaba al menos el 50% de la superficie plantada anualmente. En adelante las plantaciones son efectuadas por el sector privado.

Otra baja de importancia se produce a mitad de los años 90 cuando expiran los 20 años de vigencia contemplados en la legislación de fomento de 1974, la cual es renovada posteriormente, y a fines de la primera década del presente siglo se empieza a producir una baja nuevamente por razones similares.

El Gobierno prorroga una vez más la vigencia de la ley, esta vez por dos años hasta 2012, y la tasa de plantación recupera sus niveles en el año 2010 por sobre las 100 mil hectáreas (Figura N° 4), y está actualmente en proceso legislativo un proyecto de ley para mantener el fomento estatal a la forestación después del año 2012.



**Figura N° 4**  
**TASA DE PLANTACIÓN ANUAL, FORESTACIÓN Y REFORESTACIÓN**

Hasta mediados de los años 90 la tasa de plantación superaba ampliamente la tasa de corta anual y se incorporaban importantes superficies anualmente al total de plantaciones en el país, posteriormente su componente forestación empieza a decrecer, con cierta recuperación a mitad de la primera década del siglo XXI y una nueva reducción para fines de esta, dominando la componente reforestación<sup>16</sup>.

Dado el progresivo incremento del nivel de corta anual las cifras de reforestación se han elevado y ya en los últimos años, pese a mantenerse una tasa de plantación importante, la incorporación de superficies al total plantado en el país está en unas 30 mil hectáreas anuales y menos (Figura N° 4), dado que la diferencia corresponde a reposición de plantaciones cosechadas.

### **-Especies en las Plantaciones**

La actualización proporciona información desagregada para las principales especies por región del país, reconociendo 6 especies principales y una categoría otras especies (Cuadro N° 4). En la última categoría están incluidas numerosas especies que la escala de trabajo del programa de actualización no permite identificar o que su reducida participación no justifica mayor desagregación en las cifras nacionales.

<sup>16</sup> La legislación otorga incentivos estatales para la forestación y hace obligatoria la reforestación sin incentivos estatales. La diferencia entre forestación y reforestación la establece esta legislación; todo suelo forestal que en 1974 o después ha tenido una cubierta vegetal con valor económico no es objeto de forestación y, por el contrario, suelos forestales que en 1974 o después no han tenido una cubierta vegetal con valor económico son objeto de forestación con los incentivos que otorga la ley. Una unidad de superficie solo puede recibir los incentivos una vez y toda corta efectuada desde el año 1974 en adelante grava el terreno con la obligación de reforestación sin incentivos.

**Cuadro N° 4**  
**SUPERFICIE DE PLANTACIONES FORESTALES SEGÚN ESPECIE Y REGIÓN (2011)**

Región	ESPECIE							TOTAL
	Atriplex spp	Eucalyptus globulus	Eucalyptus nitens	Pinus ponderosa	Pinus radiata	Pseudotsuga menziesii	Otras	
Coquimbo	60.240	2.718					20.910	83.868
Valparaíso		37.675			8.879		1.105	47.659
Metropolitana		5.738			17		351	6.106
O'Higgins		42.743	14		68.069		1.938	112.764
Maule		41.934	1.502	8	405.126	217	3.965	452.752
Bío Bío		208.705	76.870	702	611.384	389	9.307	907.356
Araucanía		143.393	55.844	2.701	265.972	7.023	5.506	480.439
Los Ríos		20.835	51.688	3	105.535	4.123	7.928	190.111
Los Lagos		19.788	30.905	258	15.821	606	2.651	70.029
Aysén			7	25.164		4.423	14.188	43.782
<b>Total ha</b>	<b>60.240</b>	<b>523.530</b>	<b>216.830</b>	<b>28.835</b>	<b>1.480.802</b>	<b>16.781</b>	<b>67.847</b>	<b>2.394.865</b>

(Fuente: INFOR, 2012)

Como se indicó en el Cuadro N° 3, la actualización anual de plantaciones no incluye las regiones extremas del norte y del sur (Arica a Atacama y Magallanes), no considera bosques o plantaciones mixtas y tiene una cierta subestimación de superficies en plantaciones nuevas de 1 a 2 años, todo lo cual involucra unas 200 Mha adicionales al total dado por INFOR (2012).

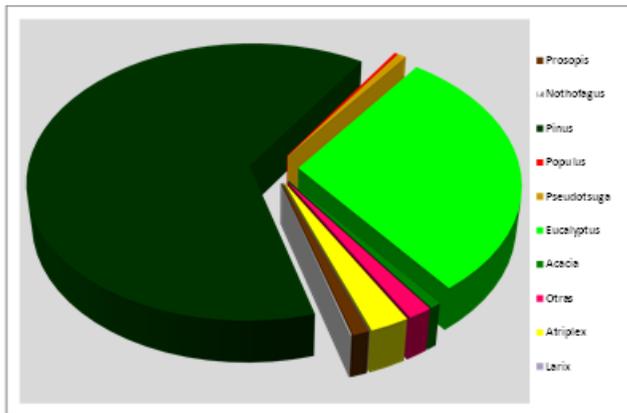
Respecto de la categoría otras especies (Cuadro N°4), dentro de ella hay unas 6 Mha de álamos (*Populus spp*), concentradas principalmente en las Regiones de O'Higgins y Maule; unas 15 Mha de *Acacia saligna* y 1,1 Mha de *Prosopis chilensis* en la Región de Coquimbo; 7,4 Mha de *Pinus contorta* y 1 Mha de *Pinus sylvestris* en la Región de Aysén; unas 1,6 Mha de otras acacias, principalmente *A. dealbata* y *A. melanoxylon*, entre las Regiones de Valparaíso y Los Lagos; y unas 2,6 Mha de otros eucaliptos, como *E. camaldulensis*, *E. regnans*, *E. delegatensis* y *E. viminalis*, entre las regiones de Coquimbo y Aysén; además de diversas otras especies de participación menor.

Los géneros que están presentes en las plantaciones forestales, aunque algunos de ellos en forma muy incipiente aún, son los que se indica en la Figura N° 5.

La participación de especies nativas en las plantaciones es muy reducida, limitándose a una del género *Atriplex*, *pasto salado* (*A. repanda*), una del género *Acacia*, espino (*A. caven*), una del género *Peumus*, boldo (*P. boldus*), y a las del género *Prosopis*, en la zona central y norte del país, y algunas del género *Nothofagus*, en la zona sur.

La gama de especies hoy disponible para la ampliación y diversificación de las plantaciones forestales en el país es de especial importancia hacia el futuro, muy en especial para aquellas áreas donde pino radiata y eucalipto no encuentran buenas condiciones de sitio para su adecuado desarrollo.

Dentro de la gama de eucaliptos y de otras especies hay algunas que dado su crecimiento y las características de sus maderas pueden ser alternativas convenientes dentro del área habitual de plantaciones, en especial si los objetivos productivos son madera aserrada de mayor valor, foliados y debobinados, combinaciones agroforestales, energía u otros. No obstante, es en el segundo caso, fuera de la actual área de plantaciones, donde la gama de eucaliptos y otras especies es de mayor importancia, dado que entre ellas se puede encontrar las apropiadas para enfrentar condiciones de sitio adversas para las dos especies habitualmente empleadas.



**Figura N° 5**  
**GÉNEROS EN LAS PLANTACIONES FORESTALES**

La reciente masificación de *Eucalyptus nitens* en las plantaciones es un buen ejemplo de la incorporación de una especie para repoblar zonas que por bajas temperaturas resultan marginales para la especie normalmente usada, *Eucalyptus globulus*, ya que la primera, además de un excelente crecimiento, presenta mayor resistencia a frío que la segunda. Esto ha motivado que se la haya empezado a emplear masivamente en las plantaciones desde Bio Bio a Los Lagos y que sea ya la tercera especie más plantada en el país, con más 200 mil hectáreas al 2011.

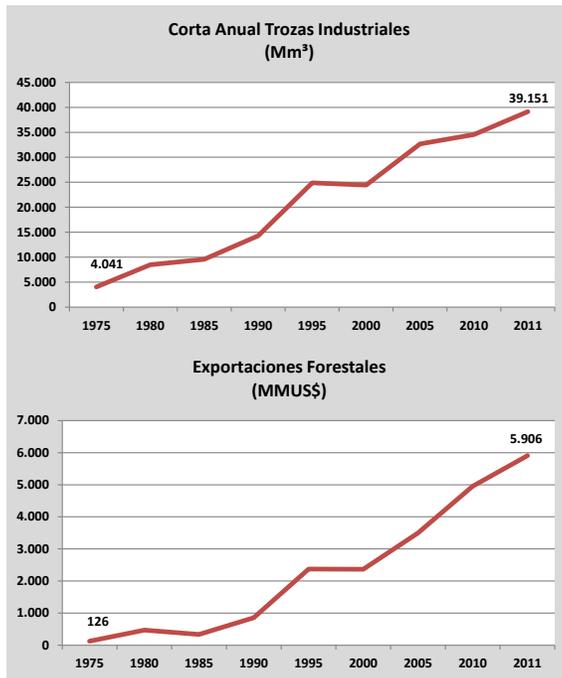
Es importante considerar también que el fenómeno de cambio climático global tendrá para el país consecuencias que pueden ser relativamente favorables en algunas regiones y relativamente desfavorables en otras. Se espera un aumento general de las temperaturas medias y variaciones en los regímenes pluviométricos y esto, en términos muy generales, implicaría que las condiciones de semiaridez de la zona central pueden extenderse hacia el sur, en especial por el valle central, acentuando las limitantes hídricas ya existentes y ampliándolas más al sur que en la actualidad. El aumento de las temperaturas medias puede ser positivo en sectores de precordillera andina de la zona sur y en las regiones australes favoreciendo el desarrollo de algunas especies.

No existe certeza respecto de la intensidad o magnitud de las variaciones climáticas que se avecinan, pero sin duda disponer de una buena variedad de especies forestales para emplear en las plantaciones será una gran ventaja para enfrentarlas.

## CONSUMO Y PRODUCCIÓN

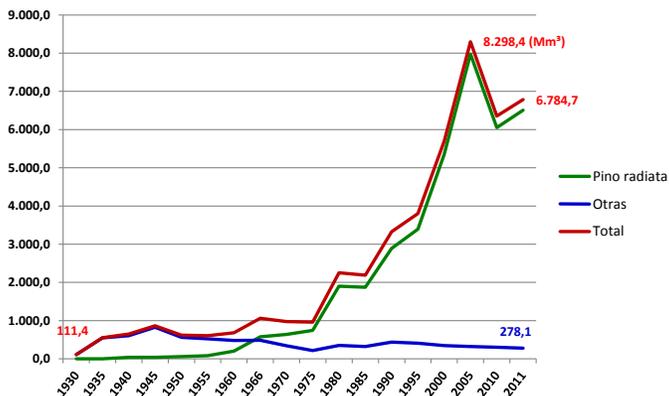
El acelerado desarrollo de las plantaciones forestales y de la tecnología silvícola para su manejo han sido la base para un rápido crecimiento industrial y es así como el consumo de madera en trozas industriales, que en 1975 era de unos 4 millones de metros cúbicos por año, se ha elevado para 2011 a un monto cercano a los 39 millones de metros cúbicos.

Las exportaciones forestales por su parte, en el mismo período, han subido de 126 millones de US\$ FOB a casi 6 mil millones de US\$ FOB (Figura N° 6). Consecuentemente, el consumo en términos de superficie de plantaciones ha variado de unas 8 a 10 mil hectáreas anuales a más de 70 mil hectáreas anuales.



**Figura N° 6**  
**CONSUMO MADERA INDUSTRIAL Y RETORNO DE EXPORTACIONES POR AÑO**

Respecto de la producción industrial, la madera aserrada era el principal rubro productivo y estaba basado en el bosque nativo. La producción a principios de los años 60 del siglo pasado alcanzaba niveles cercanos a los 600 mil metros cúbicos anuales y en 1966 su producción llega superar el millón de metros cúbicos, pero la participación de pino radiata ya es mayor que la de otras especies (fundamentalmente nativas). A partir de 1975 y basado en las plantaciones, se produce un fuerte y sostenido incremento en este rubro, duplicándose cada 10 años hasta el 2005 que alcanza a más de 8 millones de metros cúbicos (Figura N° 7).



**Figura N° 7**  
**PRODUCCIÓN DE MADERA ASERRADA 1930 – 2011**

Algo similar ocurre con la producción de pulpa, que en 1975 no llegaba a 500 mil toneladas anuales y para 2011 se acerca a 5 millones de toneladas (Figura N° 8), y con la producción de tableros y chapas, que en el mismo período sube de unos 40 mil metros cúbicos anuales a casi 2,9 millones de metros cúbicos (Figura N° 9).

La producción de pulpa provenía íntegramente de plantaciones de pino radiata hasta 1990, año en que se inicia una participación creciente de eucalipto. La producción de tableros y chapas en tanto se basa en las plantaciones forestales, aunque hay una participación muy menor de especies nativas, y en este rubro se inicia una diversificación con el ingreso de nuevas tecnologías de tableros de madera; MDF en 1990, OSB en 2005 y MDP en pequeña cantidad aún en 2011.

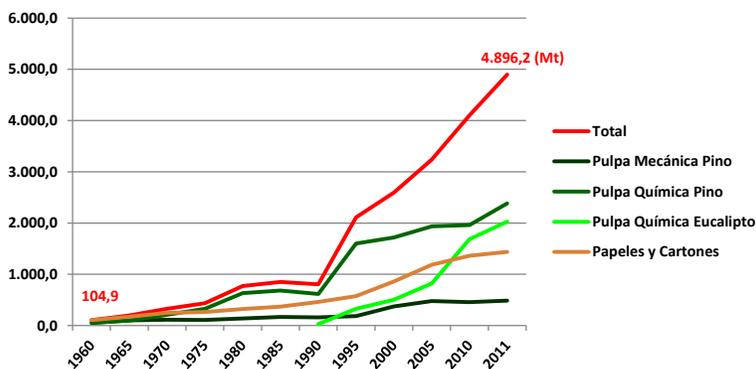


Figura N° 8  
PRODUCCIÓN DE PULPA 1960 - 2011

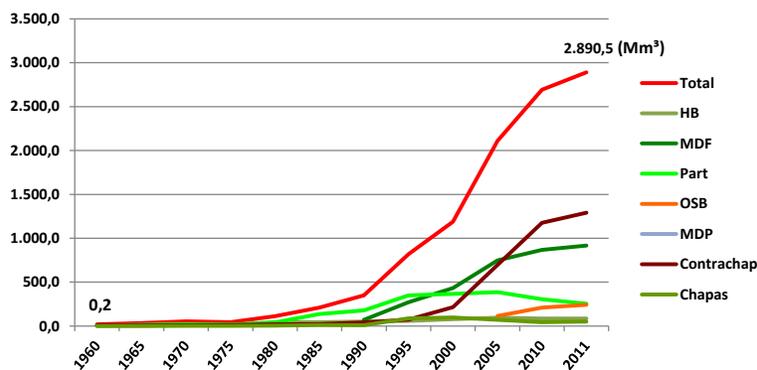


Figura N° 9  
PRODUCCIÓN DE TABLEROS Y CHAPAS 1960 - 2011<sup>17</sup>

Respecto de las exportaciones en tanto, ya se indicó el fuerte incremento que han experimentado (Figura N° 6), pero resulta interesante su evolución por principales productos y por regiones y países de destino, ya que hoy llegan a todos los continentes y a más de 100 países (Figuras N° 10 y N° 11). El principal producto exportado es la pulpa y los principales países de destino son China, Estados Unidos y Japón.

<sup>17</sup> HB: Hard board; MDF: Medium density fiber board; Part: Partículas; OSB: Oriented strand board; MDP: Medium density particle board

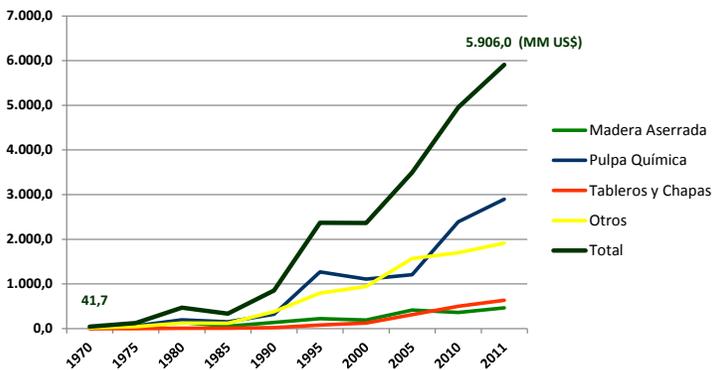


Figura N° 10  
EXPORTACIONES FORESTALES SEGÚN PRODUCTOS 1970 – 2011

(MMUS\$)

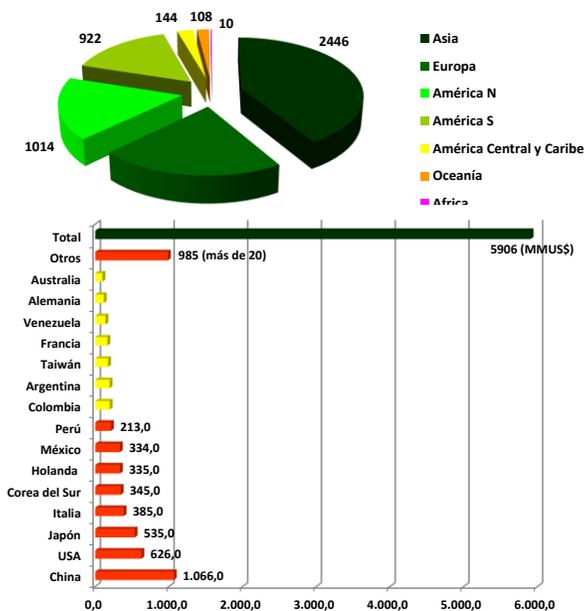
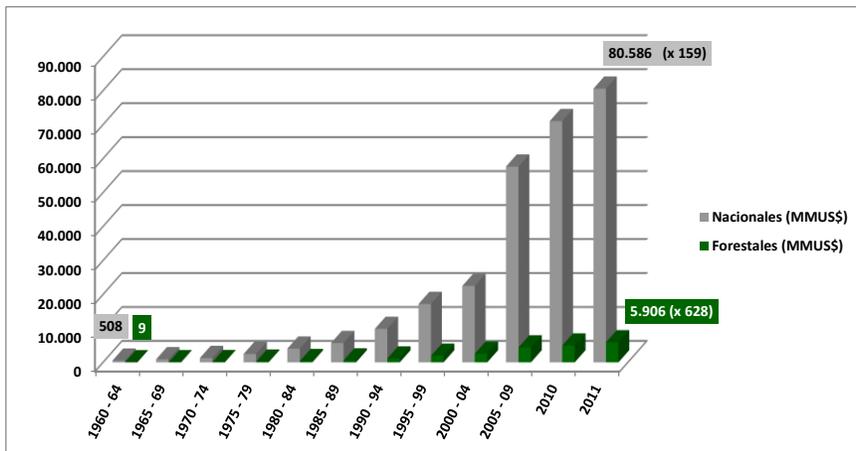


Figura N° 11  
DESTINO Y MONTO DE LAS EXPORTACIONES FORESTALES 2011

Desde los inicios de los años 60 del siglo pasado hasta la actualidad las exportaciones nacionales se han multiplicado por 159, en tanto las exportaciones forestales se han multiplicado por 628 y su participación en las ventas del país al exterior ha subido de 1,8% a más de 7 %, incluso en los años 90 y en los años iniciales del presente siglo se empinaron por sobre el 11% (Figura N° 12).



**Figura N° 12**  
**CRECIMIENTO DE LAS EXPORTACIONES FORESTALES 1960 - 2011**

## PASADO Y PROYECCION SECTORIAL

La situación de los bosques en Chile indudablemente no es la que encontraron los españoles hace cinco siglos, reduciéndose la superficie durante los últimos 200 años, que fueron los de mayor intensidad en la eliminación de bosques, de unas 24 millones de hectáreas al inicio de la Independencia a cerca de 16 millones de hectáreas en la actualidad si se suman las existencias de bosque nativo y plantaciones (Otero, 2006; INFOR, 2012; CONAF, 2013).

No obstante, la situación actual de los bosques en el país mejoró en forma considerable posteriormente, lo que se refleja en que se ha producido una recuperación natural de los bosques nativos durante los últimos 100 años de cerca de un 30% de su superficie, se ha protegido los recursos y normado su uso y se ha creado importantes nuevos recursos forestales mediante las plantaciones forestales, con cerca de 2,6 millones de hectáreas, que hoy proveen la materia prima para la desarrollada industria forestal.

Existen deudas antiguas, como la recuperación de los bosques nativos, y deudas más recientes como la incorporación más activa de los pequeños propietarios a la producción sectorial, segmento que se ha visto históricamente solo muy marginalmente beneficiado por la política de fomento forestal, debido a las brechas económicas y tecnológicas que encuentra para su desarrollo. Sin embargo, la política de fomento se mantiene, existe ya una legislación para los bosques nativos y está en trámite legislativo la continuación del fomento a las plantaciones forestales, y actores privilegiados en esta nueva etapa serán los pequeños propietarios forestales. Se suma a esta promisoría visión del sector para los próximos años el que los objetivos de la actividad forestal ya no solo serán económicos y de corto plazo, se incorporan ahora importantes aspectos, como los servicios ambientales, la energía, los sistemas agroforestales, la biodiversidad, las áreas protegidas privadas y otros.

Hay sin duda importantes desafíos sectoriales que están dados por la necesidad de poner bajo manejo sostenible grandes superficies de bosques nativos que son considerados comerciales, por la posibilidad clara de incrementar la superficie de plantaciones forestales, por la urgencia de incorporar definitivamente a la producción a los pequeños y medianos propietarios forestales y a la pyme forestal conectada con la maderera, y por la evidente conveniencia de incorporar mayor valor a los productos del sector.

Expirada la última extensión del DL 701, a fines del año 2012, se está discutiendo en el Parlamento una nueva ley de fomento. La propuesta del Ejecutivo se orienta a que los incentivos

estatales se concentren decididamente en la pequeña y mediana propiedad, excluyendo de fomento a las grandes empresas. Adicionalmente y por primera vez, se considera el pago de servicios ambientales, donde el propietario obtendría, después de realizarse la plantación del terreno a recuperar y por 20 años, un pago por su mantención.

Existe conciencia de que falta capacitación para la población rural, que incluye pequeños propietarios y comunidades indígenas. A su vez, se discute acerca de cómo organizar estas unidades pequeñas, teniendo en consideración el drástico envejecimiento de la población rural, debido a la migración y empleo en las ciudades de las generaciones jóvenes y al apego a la tierra que mantienen los mayores.

Una posible alternativa de solución consiste en asociar a los productores, con el fin de facilitar la negociación en el mercado de los productos madereros y no madereros, el acceso al capital de trabajo y una proyección conjunta con la pyme maderera. Los desafíos son grandes y ahora el esfuerzo del Estado iría básicamente enfocado a la pyme forestal, ya que en esta se concentra el déficit de desarrollo.

Este desafío apunta a recuperar al menos 1,5 a 2 millones de hectáreas de suelos desprovistos de vegetación en manos de la pyme forestal, que se encuentran en proceso de erosión y deben ser recuperados antes de que sea demasiado tarde.

Grosse (2012) señala que, si las apuestas van por el camino correcto, a veinte años plazo se podrían esperar para Chile algunos cambios notables:

Dos millones de hectáreas manejadas, adicionales a las actuales, asumiendo que un millón de hectáreas corresponderían a bosques nativos recuperados a través del manejo forestal y otro tanto a nuevas plantaciones bajo silvicultura intensiva.

Cambio en la proporción de propiedad de las plantaciones entre pyme forestal y grandes empresas, de una relación actual 42% a 58%, respectivamente, a una nueva relación de 55% de la pyme contra 45% de las grandes empresas.

Incremento de la agregación de valor a los productos, lo que podría duplicar al menos las ventas como resultado de innovación tecnológica.

Aumento de la cantidad de pymes, mediante el impulso tanto a la pyme forestal como a la maderera para una mayor participación en el negocio forestal, que podría incrementar su cantidad entre 3 a 4 veces en relación al número de pymes actuales.

En esta nueva etapa para el desarrollo forestal chileno, se plantean todas las tareas pendientes, no resueltas suficientemente mediante los esfuerzos anteriores, y esto dentro de un escenario de cambio climático que pone nuevos desafíos técnicos a la silvicultura.

## REFERENCIAS

**Albert, Federico, 1909.** Los 7 Árboles Forestales más Recomendables para el País. Santiago, Chile: Imprenta Cervantes, 1909. 45 p.

**Barros, S.; Rojas, P.; Barros, D.; Navia, P.; Vita, A.; Toro, J. y Cogollor, G., 1979.** Informe I. Situación Actual de los Programas de Introducción de Especies Forestales en Chile. Proyecto CONAF/PNUD/FAO/CHI – 76 – 003. Instituto Forestal – Universidad de Chile. 386 p. Mapas y Anexos.

**Barros, S.; Prado, J. A.; Elgueta, H.; Rojas, P.; Barros, D.; Navia, P.; Vita, A.; Cogollor, G.; Toro, J. y Caldente, J., 1979a.** Informe II. Áreas Cubiertas por Ensayos de Introducción de Especies y Ubicación de Nuevas Experiencias. Proyecto CONAF/PNUD/FAO/CHI – 76 – 003. Instituto Forestal – Universidad de Chile. 90 p. Mapas y Anexos.

**Barros, S., 1993.** Crecimiento Juvenil de Especies y Procedencias de *Eucalyptus*. Los Copihues. Provincia de Valdivia, X Región. En: Actas Simposio Los Eucaliptos en el Desarrollo Forestal de Chile. Pucón, Chile. 24 a 26 de Noviembre 1993. Instituto Forestal Chile. Barros, S., Prado, J.A. y Alvear, C. Eds,

- Bay-Smith, T., 1965.** Algunas Observaciones sobre Ensayos de Especies Forestales en la Provincia de Arauco.
- Cerda, I., Olavarría, J. y Abalos, M., 1992.** El Sector Forestal en Chile, Logros y Desafíos. Instituto Forestal – Corporación de Fomento de la Producción, Santiago, Chile. pp 166.
- CONAF, 2013.** Estadísticas Forestales [En línea] <http://www.conaf.cl/nuestros-bosques/bosques-en-chile/estadisticas-forestales/> (Consulta mayo 2013). Corporación Nacional Forestal, Chile.
- CONAF, 2013a.** Ley N° 20 283 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal. Bosque Nativo. [En línea] <http://www.conaf.cl/nuestros-bosques/bosque-nativo/>. Corporación Nacional Forestal, Chile.
- Chateaufort, R., Fuentes, A. y Garrido, F., 2011.** Política y Economía del Sector Forestal. Ocholibros Editores 1ª Ed. Santiago. Chile.
- Elizalde Mac-Clure, R., 1958.** La Sobrevivencia de Chile. La Conservación de sus Recursos Naturales Renovables. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. pp 164.
- Gay, C., 1838.** Sobre las Causas de Disminución de los Montes de la Provincia de Coquimbo. Diario El Araucano N° 399 Abril 1838. En Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación, Región de Coquimbo, Squeo, F., Arancio, G. y Gutiérrez, J. R. Eds. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena, Chile 2001. 19. 281 – 286.
- González de Nájera, A., 1889.** Desengaño y Reparación de la Guerra del Reyno de Chile. Colección de Historiadores de Chile y de Documentos Relativos a la Historia Nacional. Tomo XVI. José T. Medina. Impr. Ercilla, Santiago, Chile.
- Grosse, H., 2009. (Ed.)** Silvicultura del Bosque Nativo. Función Histórica y Opciones Futuras sobre la Base del Manejo Sustentable. Instituto Forestal, Chile. 135pp.
- Grosse, H., 2012.** La Proyección de la Pyme, en Innovación y Valor Agregado en el Sector Forestal - Logros y Desafíos Público – Privados. 2º Encuentro Forestal de Negocios PROCHILE; 28 de noviembre de 2012, Talca, Chile.
- Hartwig, F., 1986.** 75 Jahre Forstwirtschaft in Chile. Forstarchiv Heft 6 Nov./Dez. 57. Jahrgang. 236-243.
- INFOR, 2012.** Anuario Forestal 2012. Boletín Estadístico N° 136. Instituto Forestal. Santiago, Chile.
- Molina, J. I., 1782.** Ensayo sobre la Historia Natural de Chile. Bolonia. Santiago, Chile. Eds. Maule 1987. Traducción del original italiano. Colección Biblioteca Nacional. Chile.
- Olivares de, M., 1864.** Historia Militar, Civil y Sagrada de Chile. Colección de Historiadores de Chile y de Documentos Relativos a la Historia Nacional. Impr. del Ferrocarril. Colección Biblioteca Nacional. Chile.
- Otero, L., 2006.** La Huella del Fuego: Historia de los Bosques Nativos y Cambios en el Paisaje en el Sur de Chile. Ed Pehuén. Santiago, Chile.
- Ovalle, A., 1646.** Histórica Relación del Reyno de Chile y de las Misiones y Ministerios que Exercita en él la Compañía de Jesús. Roma. Colección Biblioteca Nacional, Chile.
- Pérez Rosales, V., 1910.** Recuerdos del Pasado. Santiago, Chile.
- Prado, J. A., Barros, S.; Vranic, J.; Rojas, P.; Barros, D. y Aguirre, S., 1986.** Especies Forestales Exóticas de Interés Económico para Chile. Instituto Forestal - Corporación de Fomento de la Producción. Santiago, Chile. 168 p.
- Prado, J. A. y Barros, S. (Eds), 1989.** *Eucalyptus*. Principios de Silvicultura y Manejo. Instituto Forestal - Corporación de Fomento de la Producción. Santiago, Chile. 197 p.
- Rosales de, D., 1877.** Historia General del Reyno de Chile. Flandes Indiano. Valparaíso. Impr. Del mercurio. Colección Biblioteca Nacional, Chile.
- SEA, 2013.** Servicio de Evaluación Ambiental. Normativa Aplicable. Ley N° 19.300 de 1994 Sobre Bases Generales de Medio Ambiente. [En línea] <http://www.sea.gob.cl/contenido/normativa-ambiental-aplicable>. (Consulta Mayo 2013).

## REGLAMENTO DE PUBLICACION

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

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

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

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

## ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

### Artículos

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

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

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

**Introducción:** Como lo dice el título, este punto está destinado a introducir el tema, describir lo que se quiere resolver o aquello en lo que se necesita avanzar en materia de información, proporcionar antecedentes generales necesarios para el desarrollo o comprensión del trabajo, revisar información bibliográfica y avances previos, situar el trabajo dentro de un programa más amplio si es el caso, y otros aspectos pertinentes. Los Antecedentes Generales y la Revisión de Bibliografía pueden en ciertos casos

requerir especial atención y mayor extensión, si así fuese, en forma excepcional puede ser reducida la Introducción a lo esencial e incluir estos puntos separadamente.

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

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

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

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

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

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

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

## Apuntes

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

## PRESENTACION DE LOS TRABAJOS

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

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

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

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

---

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

---

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

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

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

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

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

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

En referencias:

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

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

Cuadros y Figuras: Numeración correlativa: No deben repetir información dada en texto.

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

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

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

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

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

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

## ENVIO DE TRABAJOS

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

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

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

En un plazo de 30 días desde la recepción de un trabajo el Editor informará al autor principal sobre su aceptación (o rechazo) en primera instancia e indicará (condicionado al arbitraje del Comité Editor) el Volumen y Número en que el trabajo sería incluido. Posteriormente enviará a Comité Editor y en un plazo no mayor a 3 meses estará sancionada la situación del trabajo propuesto. Si se mantiene la información dada por el Editor originalmente y no hay observaciones

de fondo por parte del Comité Editor, el trabajo es aceptado como fue propuesto (Artículo o Apunte), editado y pasa a publicación cuando y como se informó al inicio. Si no es así, el autor principal será informado sobre cualquier objeción, observación o variación, en un plazo total no superior a 4 meses.





# CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL

ARTICULOS	PÁGINAS
EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLANTACIONES DENDROENERGÉTICAS DE <i>Eucalyptus globulus</i> , SEGÚN DENSIDAD DE PLANTACIÓN Y TURNO DE ROTACION, EN SUELOS CONTRASTANTES DE LA REGIÓN DEL BÍO BÍO, CHILE. <b>Rodríguez, A. Cancino, J. Acuña, E. Rubilar, R. y Muñoz, F. Chile.</b>	7
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> DEHNH: PRODUCTIVIDAD EN CULTIVOS ENERGÉTICOS BAJO RIEGO. <b>Bustamante, J. A., Pérez, S. A., Llera, J. Argentina.</b>	19
EFFECTO DEL RALEO EN EL CRECIMIENTO Y ALGUNAS PROPIEDADES DE LA MADERA DE <i>Eucalyptus nitens</i> EN UNA PLANTACIÓN DE 15 AÑOS. <b>Díaz, Sandro; Lasserre, Jean P.; Espinosa, Miguel; Valenzuela, Luis y Cancino, Jorge. Chile.</b>	29
EUCALIPTO Y ACACIA COMO ALTERNATIVAS PRODUCTIVAS PARA PEQUEÑOS Y MEDIANOS PROPIETARIOS. <b>Pinilla, Juan Carlos; Navarrete, Mauricio; Molina, María Paz y Barros, Santiago. Chile.</b>	45
CONVERSION DE PLANTACIONES FORESTALES A SISTEMAS SILVOPASTORALES EN LA REGION DE AYSÉN. <b>Salinas, Jaime y Acuña, Bernardo. Chile.</b>	61
<b>APUNTES</b>	
LOS RESULTADOS DE UNA POLITICA ESTATAL ESTABLE DE FOMENTO FORESTAL. EL CASO CHILENO. <b>Grosse, Hans y Barros, Santiago. Chile.</b>	73
<b>REGLAMENTO DE PUBLICACIÓN</b>	99

