

EUCALIPTO Y ACACIA COMO ALTERNATIVAS PRODUCTIVAS PARA PEQUEÑOS Y MEDIANOS PROPIETARIOS

Pinilla, Juan Carlos⁵; 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

⁵ 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 m³/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 m³/ha, dependiendo de la edad del rodal, e incrementos medios anuales en volumen en torno a los 20 m³/ha, con valores aún mayores en buenos sitios (Pinilla et al., 2010) (Figuras N°1 y N° 2).

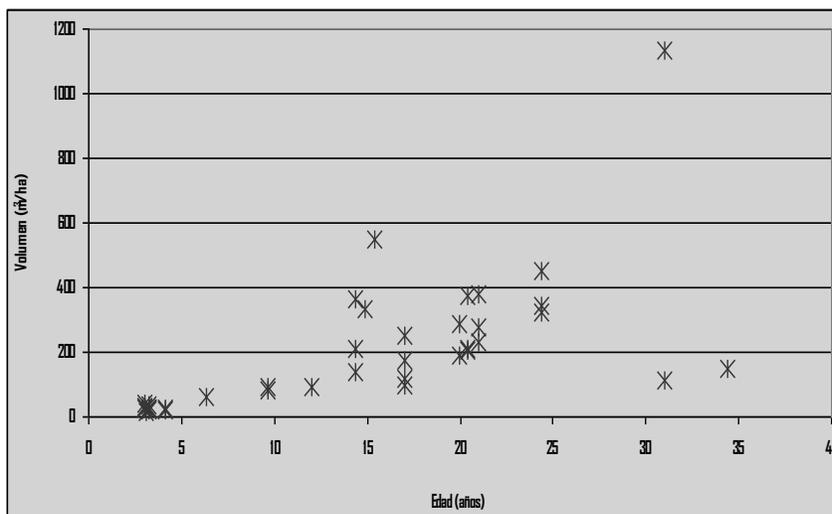


Figura N°1
VOLUMEN OBTENIDO EN *Acacia dealbata* SEGÚN EDAD

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 m³/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 aserrijo 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/m³) (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 cm³ 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.⁶

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.

⁶ 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 m³/ha/año, con valores máximos de 35 m³/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

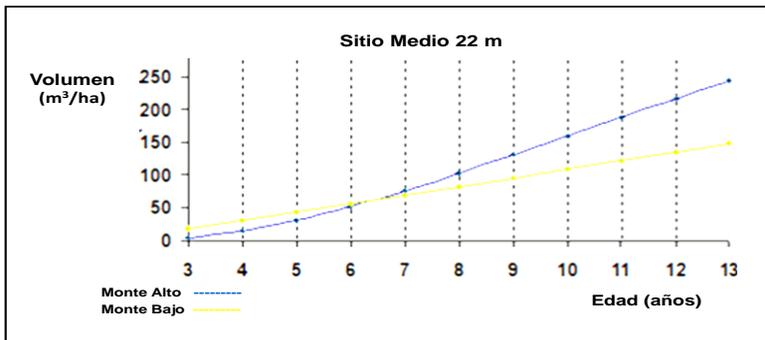


Figura N° 4
COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO EN VOLUMEN
MONTE ALTO Y MONTE BAJO PARA UN SITIO PROMEDIO

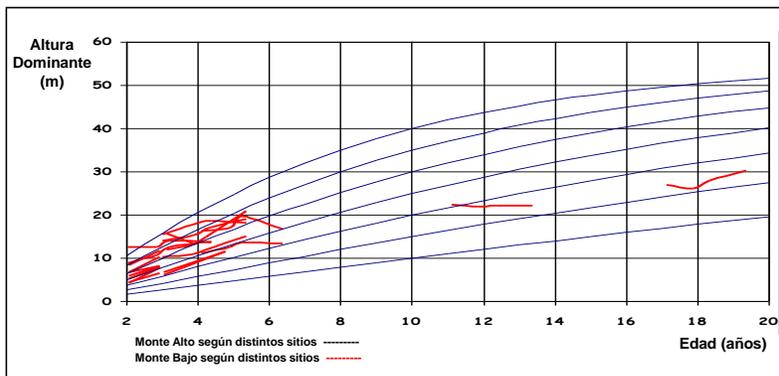


Figura N° 5
COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO EN ALTURA
MONTE ALTO Y MONTE BAJO

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 m³/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 m³/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 ³ /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
Total	640	Total	397

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 bajo⁷, 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.

⁷ 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.; Malinovski, 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.