



Informe Técnico N° 179

AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN CON ESPECIES DEL GÉNERO *ACACIA* EN CHILE



INFOR
INSTITUTO FORESTAL
CHILE 2010

InnovaChile
CORFO

AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN CON ESPECIES DEL GÉNERO *ACACIA* EN CHILE¹

Juan Carlos Pinilla S.²
María Paz Molina B.
Gonzalo Hernández C.
Santiago Barros A.
Oriana Ortiz
Mauricio Navarrete T.

¹ Documento elaborado en el marco del proyecto INNOVA CHILE – CORFO 07CN13IFM-203, Programa Acacia para su uso en Chile: Tecnologías para posicionar su utilización económica en el sector forestal
² Ingeniero Forestal, Jefe Proyecto. jpinilla@infor.cl



Instituto Forestal 2010 Chile

Sucre 2397

Ñuñoa, Santiago, CHILE

F. 56 2 3667115

www.infor.cl

Reg. Propiedad Intelectual N° 203.269

ISBN N° 978-956-318-036-7

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	04
II. SILVICULTURA Y PRODUCTIVIDAD EN ACACIAS	09
RED DE ENSAYOS	09
CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO	14
Base de Datos y Procesamiento Información	14
Crecimiento y Rendimiento	16
Modelos de Crecimiento	22
Desarrollo en las Nuevas Unidades Experimentales	24
Experiencias en Nueva Zelandia	25
SILVICULTURA	28
Poda y Raleo	28
Plantaciones Mixtas	30
Arboricultura	31
III. ÁREAS POTENCIALES PARA ACACIA EN CHILE	35
IV. MEJORAMIENTO GENÉTICO Y PROPAGACIÓN	38
AMPLIACIÓN DE LA BASE GENÉTICA	38
PROPAGACIÓN	40
Micropropagación	41
Macropropagación	49
V. ESTUDIOS INDUSTRIALES	57
PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA	57
APTITUDES DE USO	57
VI. ACACIAS COMO OPCIÓN DENDROENERGÉTICA	61
ANTECEDENTES	61
LAS ACACIAS COMO ESPECIES DE INTERÉS BIOENERGÉTICO EN CHILE	64
VII. ALGUNAS CONSIDERACIONES FINALES	67
VIII. REFERENCIAS	69
APÉNDICE. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS Y APTITUDES DE USO	76

I. INTRODUCCIÓN

Acacia es un género de arbustos y árboles de la familia *Leguminosae*, subfamilia *Mimosoideae* (World Wide Wattle, 2004, Cit. por Barros, 2007)), compuesto por más de 1300 especies, que se distribuyen en forma natural en todos los continentes con la excepción de Europa. Más de 900 de estas especies son nativas de Australia y las restantes de las regiones tropicales secas y templadas cálidas de África, sur de Asia y América. Estas especies son en general conocidas como *Wattles* en Australia y como acacias, *Thorn trees* y acacias paraguas o árboles paraguas en otras regiones (Barros, 2007). El género alcanza por el norte hasta los 37° LN al sur de Utah en USA, con *Acacia greggii*, y al sur hasta los 43° LS en Tasmania, Australia, con *Acacia dealbata*, *Acacia longifolia* y *Acacia melanoxylon*. Similar latitud alcanza *Acacia caven* en el sur, en la Provincia de Chubut Argentina.

Al tratarse de un género tan grande y de tan amplia distribución, que prospera bajo una gran variedad de sitios, sus especies proporcionan múltiples productos y servicios, madereros, no madereros y ambientales, en sus áreas de origen y en otras regiones en donde se las ha introducido. Se trata de especies que son desde pequeños arbustos de 1 a 2 m hasta grandes árboles de hasta más de 40 m de altura. Muchas de estas son especies forestales de las cuales se puede producir madera aserrada, pulpa y papel, tableros y chapas y otros bienes. Muchas acacias también producen gomas, productos químicos, alimento humano, forraje, leña, carbón, postes y materiales para cercos, y tienen además una variedad de aplicaciones ambientales, como protección de suelos, mejoramiento de suelos mediante fijación de nitrógeno, cortinas cortavientos y abrigo, contención de dunas, protección de riberas y otras (Barros, 2007).

No hay información sobre superficies globales cubiertas por formaciones naturales de acacias. Respecto de plantaciones con especies de este género en tanto, FAO (2000) estima su superficie global en 8,3 MM ha, encontrándose entre la más plantadas, después de aquellas de los géneros *Pinus* (37,4 MM ha), *Eucalyptus* (17,9 MM ha) y *Hevea* (9,9 MM ha). Las plantaciones de acacias están fuertemente concentradas en Asia, con casi 8 MM ha, y África, con unas 350 M ha, sólo en India habrían 6,4 MM ha de acuerdo a FAO. La misma fuente reporta que sólo el 50 % de las plantaciones forestales en Asia son de carácter comercial, por lo que la superficie global de plantaciones de acacia con fines industriales sería cercana a 4 MM ha.

Acacias australianas son cultivadas en más de 70 países del mundo (Maslin *et al.*, 2003. Cit por Barros, 2007) y, de estas, las más conocidas en muchos países del mundo son *Acacia melanoxylon*, *Acacia dealbata* y *Acacia saligna*, para climas templados las dos primeras y para zonas semiáridas la última. *Acacia mearnsii*, para zonas semiáridas y templadas, se ha hecho conocida tal vez más recientemente para obtención de curtientes vegetales, y hoy es ampliamente cultivada en Sudáfrica, Brasil y otros países. Algunas especies del norte de Australia y del sur de Asia, como *Acacia auriculiformis*, *Acacia crassicarpa*, y *Acacia mangium*, están siendo incorporadas crecientemente en extensos programas de forestación en el sur de Asia para la producción de madera y pulpa y papel (Barros, 2007).

Entre las especies africanas, las más difundidas, principalmente para forestación en zonas áridas y semiáridas, son *Acacia albida*, *Acacia nilótica*, *Acacia senegal* y *Acacia tortilis*. La principal de éstas es *Acacia senegal* difundida y cultivada en diferentes países de África y Asia, para la producción de goma arábiga. También está muy difundida *Acacia karroo*, antes conocida como *Acacia capensis* o *Acacia horrida*, muy empleada en cercos vivos por sus largas y fuertes espinas. Respecto de las especies americanas en tanto, existe poca información, probablemente las más conocidas son *Acacia coulteri*, del norte de México; *Acacia caven*, de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay; *Acacia aroma*, de Argentina,

Bolivia, Ecuador, Paraguay y Perú; *Acacia astringens*, de sectores de Argentina, Paraguay y Perú; y *Acacia farnesiana*, de México y Centro América (Barros, 2007).

En Chile existe una cantidad de especies del género *Acacia*, introducidas al país en diferentes momentos y con distintos fines, pero sólo una especie nativa del género, *Acacia caven*, que ocurre naturalmente desde la Región de Atacama hasta la Región del Bio Bio, además de estar presente en Argentina, Uruguay y el sur de Brasil, Paraguay y Bolivia.

Al inicio del siglo XX Federico Albert (1908; 1909) ya informaba sobre especies útiles para la forestación a lo largo del país y entre éstas incluía *Acacia melanoxylon*, mencionando otras que habían sido probadas también, principalmente en trabajos de contención de dunas litorales, como *Acacia dealbata*, *Acacia decurrens*, *Acacia armata* y *Acacia eburnea*.

A mitad del siglo fue introducida *Acacia saligna*, conocida entonces como *Acacia cyanophylla*, para trabajos en dunas y posteriormente para forestación en zonas semiáridas, en donde sucesivos trabajos de investigación de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), de fomento de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y de investigación y transferencia del Instituto Forestal (INFOR) han resultado en la existencia de más de 15 M ha plantadas en la Región de Coquimbo.

En los años 80 INFOR introdujo una colección de procedencias de semilla de *Acacia mearnsii*, como una especie potencialmente valiosa para la zona semiárida y la zona centro sur del país, para la producción de curtientes vegetales, madera y otros productos. Algunas de estas procedencias resultaron ser *Acacia parramattensis*, según informó CSIRO (Commonwealth Scientific and industrial Research Organisation) Australia posteriormente.

Diferentes trabajos de INFOR y CONAF realizados en la zona semiárida chilena, entre los años 1965 y 1986, introdujeron experimentalmente algo más de 20 especies del género en la zona semiárida, pero estos trabajos fueron descontinuados prematuramente debido a fuertes perturbaciones de los dispositivos experimentales por acción de ganado caprino y de conejos y liebres. Existen también en el país diversas especies que se encuentran en parques y jardines, como *Acacia cultriformis*, *Acacia longifolia* y varias otras (Barros, 1997).

Respecto de *Acacia melanoxylon*, *Acacia dealbata* y *Acacia mearnsii*, estas especies son objeto de principal atención en diferentes líneas de investigación de INFOR en la zona centro sur del país, con mayor pluviosidad (600 a 1500 mm anuales), en aspectos de silvicultura, mejoramiento genético y utilización con fines productivos, como madera aserrada, pulpa y papel, tableros, curtientes vegetales y otros, y los resultados que se están obteniendo son en general muy positivos. En el caso de *Acacia dealbata* y *Acacia melanoxylon*, su manejo silvícola debe ser cuidadoso debido a que, por su rápida y fácil propagación, bajo condiciones favorables y sin un adecuado manejo se tornan invasoras. De hecho, en la Región del Bio Bio existen sectores en que estas especies han invadido áreas despejadas y plantaciones de *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* u otras especies.

Estas especies son originarias del sur de Australia, de los Estados de New South Wales, Victoria y Tasmania (Figura N° 1).

- *Acacia dealbata* es conocida en Australia como Silver Wattle y en Chile como aramo, puede alcanzar desde 6 a 30 m de altura y su follaje es bipinnado, azul-gris a plateado (DEWR, 2007.Cit. por Barros, 2007).

- *Acacia mearnsii* es conocida como Black Wattle en Australia y en Chile no se le ha dado nombre vernáculo, alcanza normalmente 6 a 10 m de altura, en ocasiones hasta 20 m, las hojas son bipinnadas color verde oscuro y las flores son amarillo-crema en cabezas globulares (DEWR, 2007.Cit. por Barros, 2007).

- *Acacia melanoxylon* es conocida como Black Wood en Australia y como aramo australiano en Chile, usualmente un árbol de 10 a 20 m de altura y 50 cm de diámetro, pero varía desde un pequeño arbusto hasta la mayor de las acacias en Australia, alcanzando 40 m en altura y 1,5 m en diámetro en tierras bajas del NW de Tasmania, sus hojas adultas son filodios rectos, verde pálido, en tanto que las hojas juveniles son pinnadas, y sus flores son blancas a amarillo-pálido, en grandes cabezas globulares (DEWR, 2007.Cit. por Barros, 2007).



(Fuente: Barros, 2007. Adaptado de DEWR, 2007)

Figura N° 1
DISTRIBUCIÓN NATURAL DE *Acacia dealbata* (izq.), *Acacia mearnsii* (centro) Y *Acacia melanoxylon* (der.) EN AUSTRALIA

Estas especies constituyen promisorias opciones forestales, sea como alternativas productivas en sectores marginales para las especies forestales tradicionales (*Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*) o para ofrecer una mayor diversidad productiva al sector. Más aún, se espera que en el mediano plazo el desarrollo de estas opciones tecnológicas permita incrementar y diversificar el suministro de fibra corta, hasta ahora proporcionada por eucaliptos, y con ello ampliar y diversificar también la superficie de plantaciones forestales.

INFOR ha desarrollado diferentes líneas de investigación con estas especies que han mostrado interesantes resultados para su incorporación a las plantaciones forestales del país, tanto desde el punto de vista de su rápido crecimiento bajo diversas condiciones de sitio como de la multiplicidad de productos que pueden ofrecer bajo un manejo forestal adecuado. Las investigaciones desarrolladas se complementan abarcando las áreas de la silvicultura y el mejoramiento genético, el manejo forestal más apropiado y el estudio de las características físicas y mecánicas de la madera y de los posibles productos, de tal forma de reunir y transferir toda la tecnología necesaria para hacer de estas especies una nueva y eficiente fuente de ingresos para los propietarios forestales (Figura N° 2).



Figura N° 2
***Acacia dealbata* (izq.), *Acacia mearnsii* (centro) Y *Acacia melanoxylon* (der.)**
EN PARCELAS EXPERIMENTALES DE INFOR ENTRE LAS REGIONES DEL MAULE Y LA
ARAUCANÍA

Las plantaciones de acacias en el país están representadas por 15.659 ha de *Acacia saligna* en la zona semiárida, Región de Coquimbo (INFOR, 2009), y unas 4.000 ha de *Acacia melanoxylon* en la zona centro-sur (Loewe *et al.*, 2004). Sin embargo, existe una superficie desconocida que está constituida por rodales de *Acacia melanoxylon* y *Acacia dealbata*, establecidas en mezcla con otras especies, en cajas de ríos, cortinas cortavientos o masas forestales y derivadas de regeneración natural (INFOR, 1997; Pinilla, 2000).

Estas especies no han sido aún utilizadas masivamente por que se desconocían los parámetros básicos de crecimiento, productividad y aprovechamiento industrial, lo que obstaculizaba obtener proyecciones de incrementos, rendimientos y abastecimiento (Pinilla 2000; Pinilla *et al.* 2000). El conocimiento adquirido sobre su biometría, mejoramiento genético, aptitud industrial y manejo forestal, ha permitido obtener respuestas a estas interrogantes y ha generado un interés por su utilización, tanto pulpable como aserrable, tal como lo indica la experiencia internacional. Estas especies se utilizan en combinación con eucalipto para la producción de fibra corta, y en Australia, en los bosques naturales de eucaliptos, constituyen el dosel inferior y conforman un porcentaje de la producción de pulpa total debido a su compatibilidad y aptitudes (Simmons 1987; Pinilla 2000).

Los estudios de INFOR están generando una base de información, con el apoyo de empresas, propietarios y organismos gubernamentales. Se han establecido ensayos de procedencias de semillas en diferentes áreas geográficas y sitios (INFOR, 2001), ensayos de crecimiento y rendimiento, parcelas de espaciamiento, unidades demostrativas y otros. Los estudios se han centrado entre las Regiones del Maule y Los Lagos, debido a que en ellas se encuentran las principales empresas forestales del país, el mayor patrimonio forestal y una superficie importante de suelos degradados o sin uso. En forma más puntual se ha cubierto también áreas de la Región de Valparaíso (INFOR, 1988; INFOR, 1997, Pinilla, 2005).

Estos estudios han demostrado que las acacias pueden ser utilizadas en Chile en sitios donde no se adaptan otras especies (pino radiata, eucalipto), para el control de suelos erosionados y mejorar la productividad de suelos degradados (NAS, 1980; Pinilla, 2000; Pinilla *et al.*, 2000; Pinilla, 2005).

Un aspecto importante es que además del interés del sector industrial por estas especies, los medianos y pequeños propietarios forestales serían beneficiados directamente por su uso, puesto que en su poder existen áreas erosionadas o sitios sin uso que pueden ser recuperados y utilizados con acacias, generando un recurso forestal de interés económico que les permite incrementar y diversificar sus ingresos.

El objetivo general del programa desarrollado por INFOR en el estudio de Acacias ha sido escalar las opciones productivas del recurso forestal compuesto por las especies *Acacia mearnsii*, *A. dealbata* y *A. melanoxylon* a través del fomento, masificación y desarrollo de productos con mayor valor agregado.

En este trabajo se ha abordado la masificación, el fomento productivo y la caracterización del aprovechamiento industrial, intentando sentar las bases para aumentar la demanda por las especies consideradas y la superficie cubierta con ellas en el país, junto con la generación y entrega de información sobre su uso y potencialidades. A ello se suma la instalación de unidades demostrativas operacionales y el empleo de material genéticamente mejorado para uso operacional.

En el presente informe se presentan los principales avances en la investigación realizada por INFOR con acacias en Chile, partiendo por los antecedentes de silvicultura y manejo y las áreas potenciales para el uso de estas especies, continuando con aspectos de mejoramiento genético y propagación, y concluyendo con la utilización en diferentes productos industriales y en opciones dendroenergéticas.

II. SILVICULTURA Y PRODUCTIVIDAD EN ACACIAS

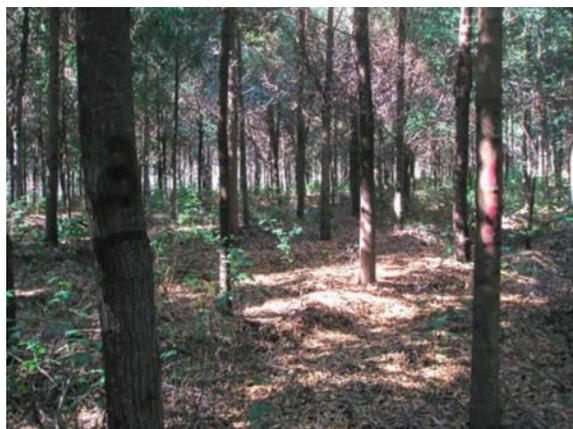
El objetivo central es aumentar la rentabilidad de plantaciones de *Acacia melanoxylon*, *A. dealbata* y *A. mearnsii* en el país, mediante el desarrollo de tecnologías silvícolas que permitan incrementar su superficie y la productividad del negocio forestal asociado, potenciar su característica de especies multipropósito y ofrecer madera de calidad para pulpa, aserrío, chapas, taninos, energía y otros usos.

Se busca establecer la productividad real y potencial de estas especies en diversos sitios forestales en el país. Se revisaron ensayos anteriores de INFOR, identificando aquellos de utilidad para este programa de investigación, y se buscaron rodales en plantaciones establecidas que fuesen utilizables con el mismo fin. Con esto se conformó la base de campo del programa y se iniciaron las mediciones y el análisis para el estudio del crecimiento y rendimiento de acacias. Entre estos ensayos destacan parcelas permanentes, ensayos de progenies, unidades demostrativas y ensayos de espaciamiento.

Las mediciones de cada ensayo e individuo se ingresan a una base de datos general única y operativa para la información del proyecto, que permite realizar distintos tipos de análisis estadístico-matemáticos. Esta información está siendo utilizada además para analizar y validar los principales modelos de gestión de apoyo al manejo forestal eficiente de acacias en Chile. Para el cálculo de algunas de las variables, como volumen especialmente, se utilizan modelos desarrollados previamente por INFOR.

RED DE ENSAYOS

La red de ensayos reúne actualmente dispositivos experimentales establecidos por anteriores proyectos de investigación de INFOR y parcelas instaladas en plantaciones establecidas de acacias, con el apoyo de particulares y empresas forestales. Con esto se ha completado un total de 29 unidades (Cuadro N° 1) sobre las cuales se están realizando mediciones periódicas que permiten evaluar la respuesta de especies, procedencias y progenies en diferentes sitios a lo largo del país. Además, parte de estos ensayos están proporcionando la información necesaria para los estudios de crecimiento y rendimiento de las diferentes especies en evaluación.



Acacia melanoxylon, Lanco. Los Ríos



Acacia dealbata, Yungay. Bío Bío

Figura N° 3
PARCELAS EXPERIMENTALES

Cuadro N° 1
RED DE PARCELAS EXPERIMENTALES PROGRAMA ACACIA

Ensayo ³	Ubicación	Especie	Región	Plantación
Procedencias/Progenies (locales)	Longotoma	<i>Acacia mearnsii</i>	Valparaíso	2005
Parcelas Permanentes	Cauquenes	<i>Acacia dealbata</i>	Maule	2005
Parcelas Permanentes	Cauquenes	<i>Acacia mearnsii</i>	Maule	2005
Parcelas Permanentes	Cauquenes	<i>Acacia melanoxylon</i>	Maule	1996
Parcelas Permanentes	Parral	<i>Acacia dealbata</i>	Maule	2005
Procedencias/Progenies (locales)	Parral	<i>Acacia mearnsii</i>	Maule	2005
Parcelas Permanentes	Tomé	<i>Acacia melanoxylon</i>	Bío Bío	1993
Parcelas Permanentes	Cañete	<i>Acacia dealbata</i>	Bío Bío	2003
Parcelas Permanentes	Quirihue	<i>Acacia dealbata</i>	Bío Bío	2003
Parcelas Permanentes	Yumbel	<i>Acacia dealbata</i>	Bío Bío	2003
Parcelas Permanentes	Lebu	<i>Acacia dealbata</i>	Bío Bío	2003
Parcelas Permanentes	Florida	<i>Acacia dealbata</i>	Bío Bío	2004
Parcelas Permanentes	Florida	<i>Acacia mearnsii</i>	Bío Bío	2004
Parcelas Permanentes	Yungay	<i>Acacia dealbata</i>	Bío Bío	2003
Parcelas Permanentes	Rafael	<i>Acacia dealbata</i>	Bío Bío	2004
Espaciamiento	Rafael	<i>Acacia mearnsii</i>	Bío Bío	2004
Parcelas Permanentes	Laja	<i>Acacia dealbata</i>	Bío Bío	2003
Parcelas Permanentes	Portezuelo	<i>Acacia dealbata</i>	Bío Bío	2003
Parcelas Permanentes	Traiguén	<i>Acacia dealbata</i>	La Araucanía	2005
Parcelas Permanentes	Traiguén	<i>Acacia mearnsii</i>	La Araucanía	2005
Procedencias/Progenies (locales)	Traiguén	<i>Acacia melanoxylon</i>	La Araucanía	2005
Procedencias/Progenies (CSIRO)	Loncoche	<i>Acacia dealbata</i>	La Araucanía	1999
Procedencias (CSIRO)	Máfil	<i>Acacia mearnsii</i>	Los Ríos	1995
Especies y Procedencias (CSIRO)	Nacimiento	<i>Acacia melanoxylon</i> , <i>Acacia dealbata</i> <i>Acacia mearnsii</i>	Bío Bío	1992
Parcelas Permanentes	Futrón	<i>Acacia melanoxylon</i>	Los Ríos	1973
Procedencias/Progenies (CSIRO)	Lanco	<i>Acacia melanoxylon</i>	Los Ríos	1999
Parcelas Permanentes	Lanco	<i>Acacia dealbata</i>	Los Ríos	2000
Procedencias/Progenies (locales)	Osorno	<i>Acacia mearnsii</i>	Los Lagos	2006
Espaciamiento	Florida	<i>Acacia mearnsii</i>	Bío Bío	2004

³ Aquellas identificadas como parcelas permanentes corresponden a unidades de seguimiento establecidas en plantaciones preexistentes de más de 3 años de edad.

(CSIRO): Colecciones de semillas obtenidas de esta organización australiana.

(locales): Semillas obtenidas de árboles *plus* de plantaciones en Chile, esto es con un primer grado de mejoramiento genético.

La gran mayoría de los ensayos tienen plantaciones de 4 a 12 años de edad, solo algunas parcelas de *Acacia melanoxylon* están constituidas por plantaciones de mayor edad (Figuras N° 4 y 5).



Acacia meansii, La Ligua. Coquimbo



Acacia dealbata, Cañete. Bío Bío



Acacia dealbata Lebu. Bío Bío



Acacia dealbata Quirihue. Bío Bío



Acacia dealbata Cañete. Bío Bío



Acacia melanoxylon Chanco. Maule

Figura N° 4
PARCELAS EXPERIMENTALES

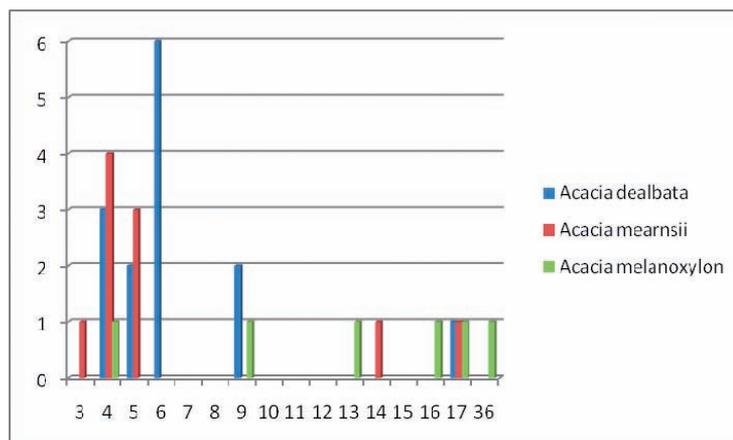


Figura N° 5
DISTRIBUCIÓN DE EDAD DE LOS ENSAYOS SEGÚN ESPECIE
(A diciembre de 2009)

La red de parcelas experimentales se completó entre los años 1999 y 2006 con el establecimiento de ensayos de procedencias/progenies a partir de colecciones de semillas obtenidas desde dos fuentes; semilla importada desde Australia y semilla colectada de árboles *plus* seleccionados en rodales de acacias existentes en el país. Estos ensayos tienen por principal objeto evaluar la respuesta de procedencias y familias de las diferentes especies a distintas condiciones de sitios entre la Regiones de Valparaíso y Los Lagos, para seleccionar orígenes apropiados para los diferentes sitios del país y sentar las bases para un programa de mejoramiento genético.

El diseño experimental de estos ensayos es de parcelas de árboles individuales (single tree plot). Cada familia está representada por una planta en cada bloque, hay un total de 25 bloques por ensayo. El número de familias por procedencia es variable, de modo que cada procedencia está representada por el producto de 25 individuos por familia por el número de familias de la procedencia.

El detalle de procedencias y familias de las colecciones de semillas australianas, su identificación y descripción, de acuerdo a la información proporcionada por CSIRO AFTSC⁴, se presenta en los Cuadros N° 2 y 3.

Cuadro N° 2
PROCEDENCIAS DE SEMILLAS AUSTRALIANAS POR ESPECIE
PRIMEROS ENSAYOS DE ESPECIES Y PROCEDENCIAS (1992-1995)

Especie	Procedencia	Lugar de Origen		
		Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
<i>Acacia dealbata</i>	16385 SSE Snug (Tasmania)	43°06' S	147°14' E	143
	16384 S Orford (Tasmania)	42°41' S	147°52' E	120
<i>Acacia mearnsii</i>	16266 8 km Orbost (Victoria)	37°37' S	148°29' E	-
	16268 Bombala- Dalgety	36°40' S	149°08' E	860
<i>Acacia melanoxylon</i>	Antiquina Chile	38°18' S	73°21' W	30

(Pinilla *et al.*, 2007)

⁴ Australian Forest Tree Seed Centre, Commonwealth Industrial and Research Organisation, Australia

Cuadro N° 3
PROCEDENCIAS Y PROGENIES DE SEMILLAS AUSTRALIANAS POR ESPECIE
ENSAYOS DE PROCEDENCIA/PROGENIES AÑO 1999

<i>Acacia dealbata</i>						
Lote Semilla	Árbol N°°	Localización	Estado	Latitud LS	Longitud LE	Altitud (msnm)
19757	N° Fam: 10	Tidbinbilla Nat. Res.	ACT	35°27'	148°57'	600
19778	N° Fam: 13	Cooma South	NSW	36°29'	149°06'	900
16376	N° Fam: 9	22-18 km WNW Bemboka	NSW	36°37'	149°26'	1.035
16385	N° Fam: 8	6-15 km SSE Snug	TAS	43°06'	147°14'	143
Raza local = 24						
<i>Acacia mearnsii</i>						
Lote Semilla	Árbol N°°	Localización	Estado	Latitud LS	Longitud LE	Altitud (msnm)
14770	6 Árboles	Polacks Flat Ck	NSW	36°39'	149°06'	260
15328	3 Familias	Avoca	TAS	41°49'	147°35'	220
15330	4 Familias	Boyer, W of Hobart	TAS	42°46'	147°08'	60
16246	7 Familias	10 Km S of Nowra	NSW	34°59'	150°36'	10
16247	5 Familias	7 Km N of Milton	NSW	35°15'	150°26'	60
16265	3 Familias	Orbost-Cann River	VIC	37°42'	148°39'	45
16266	1 Lote	8 Km N of Orbost	VIC	37°37'	148°29'	120
16266	3 Familias	8 Km N Of Orbost	VIC	37°37'	148°29'	120
16268	5 Familias	Bombala-Dalgety	NSW	36°40'	149°08'	860
16374	2 Familias	18 km Ne Bungendore	NSW	35°09'	149°35'	780
17938	1 Familia	Mt Rix	NSW	36°45'	148°58'	930
18606	11 Familias	Grampians N.P.	VIC	37°06'	142°24'	350
18607	10 Familias	Berrima	NSW	34°30'	150°20'	750
18977	10 Familias	Mt Gladstone	NSW	36°15'	149°05'	1000
18979	12 Familias	B'hill Res Kyneton	VIC	37°12'	144°29'	520
19815	5 Familias	Apsley River Bridge	TAS	41°56'	148°14'	10
Raza local = 31						
<i>Acacia melanoxylon</i>						
Lote Semilla	Árbol N°°	Localización	Estado	Latitud LS	Longitud LE	Altitud (msnm)
16272	1 lote de 10 árboles	15 km s of Bonang	VIC	37°19'	148°42'	300
17263	N° Fam: 2	Mt. Mee-Sellins Rd	QLD	27°06'	152°44'	500
18980	N° Fam: 10	Gellibrand River	VIC	38°43'	143°15'	50
19506	N° Fam: 3	King Island	TAS	39°55'	144°02'	60
19499	N° Fam: 5	E Launceston District	TAS	41°11'	147°21'	150
19500	N° Fam: 5	St Helens District	TAS	41°18'	147°52'	600
19498	N° Fam: 6	W Launceston District	TAS	41°29'	146°42'	300
Raza local = 9						

(Pinilla et al, 2007)

CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO

Base de Datos y Procesamiento Información

En el procesamiento de la información base para la descripción de los rodales y su uso en el desarrollo de modelos de gestión y aprovechamiento se utiliza una herramienta que permite generar la información a nivel de rodal (agregada), en base a los datos obtenidos desde los ensayos y parcelas permanentes instaladas. La planilla corresponde al "Procesador3.0". Esta planilla permite generar las variables de rodal más importantes a partir de la información de las parcelas experimentales (Figuras N° 6 y 7).

La información obtenida desde las distintas unidades en terreno es continuamente ingresada a este sistema de manejo y procesamiento de la información y posteriormente es posible generar una salida con las principales variables de rodal a nivel agregado. Esta información es la que se utiliza en los distintos análisis de crecimiento y rendimiento en desarrollo.



Figura N° 6
PROCESADOR 3.0 PARA ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE PARCELAS PERMANENTES

Esta base de datos permite la realización de una serie de análisis y ajustes de modelos estadísticos y matemáticos que estiman el crecimiento y rendimiento alcanzado por estas especies. Cabe señalar que esta base es la primera de su tipo en el país y es una valiosa herramienta para futuros estudios en este tema.

A modo de ejemplo, es posible seleccionar una parcela o rodal y obtener las principales variables descriptoras a nivel agregado, lo que permite su análisis más específico. Esta situación se presenta a continuación, con la parcela 1, especie *Acacia melanoxylon*, sector Tomé, Bío Bío, cuyas principales variables de rodal durante 3 evaluaciones sucesivas corresponden a lo que se indica en Cuadro N° 4 y Figuras N° 7 y 8.

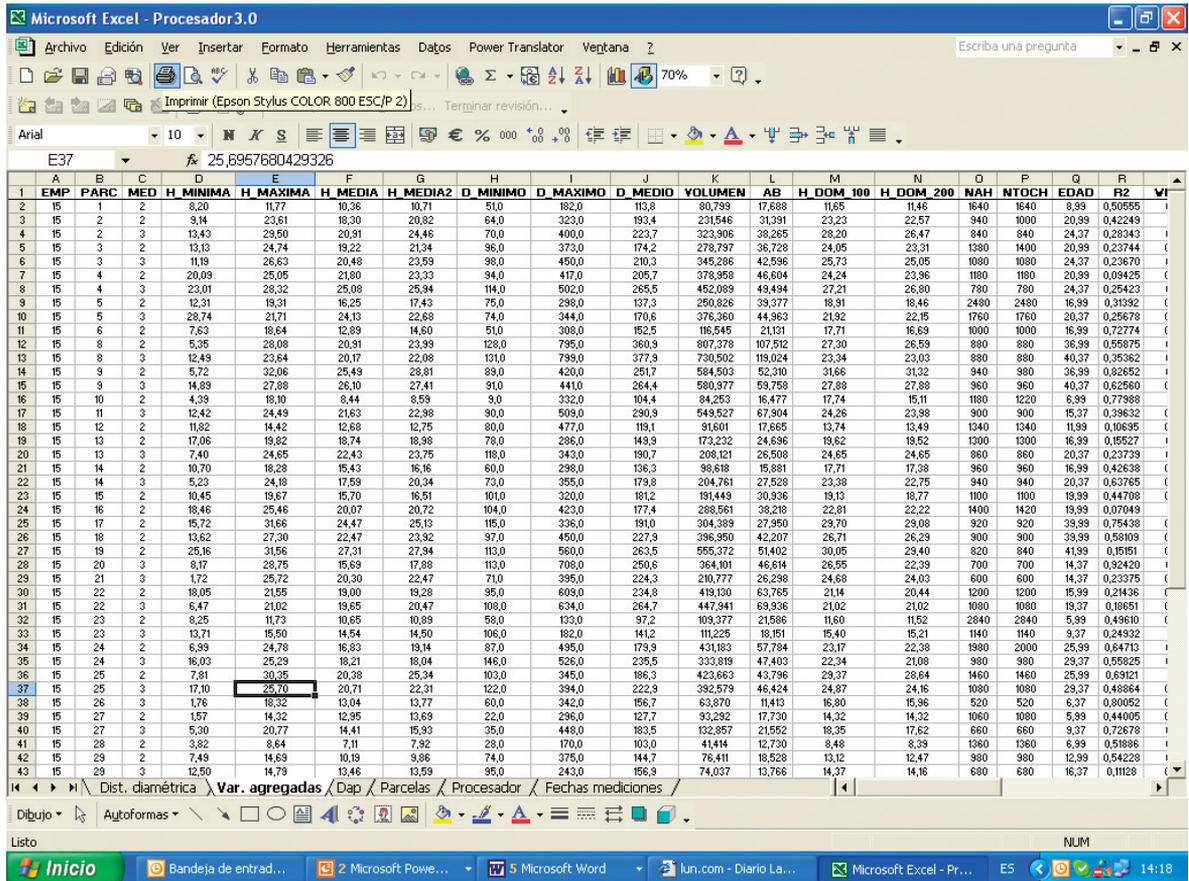


Figura N° 7
BASE DE DATOS GENERADA POR PROCESADOR 3.0
PARA ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE PARCELAS PERMANENTES

Cuadro N° 4
MEDICIONES SUCESIVAS EN UNA PARCELA

Edad ⁵ (años)	DAP (mm)	Volumen (m ³ /ha)	Área Basal (m ² /ha)	Altura Dominante (m)	Densidad (N° arb/ha)
8,99	113,8	80,799	17,688	11,7	1640
11,95	162,3	251,599	35,709	18,4	1620
13,00	167,3	265,875	38,140	19,0	1620

5 El sistema da la edad con decimales por comparación de la fecha de plantación con aquella de la medición de control.

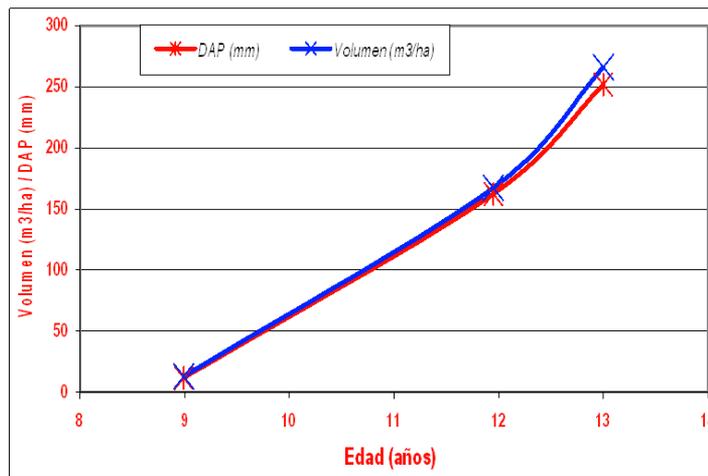


Figura N° 8
SERIE DE CRECIMIENTO EN MEDICIONES DE UNA PARCELA *Acacia melanoxylon*

Crecimiento y Rendimiento

De la base de datos se obtiene que las especies presentan en general una alta supervivencia (85-90%) y *Acacia dealbata* presenta los más altos valores para todos los parámetros de crecimiento evaluados en distintos ensayos de INFOR. Como ejemplo, un ensayo de especies y procedencias en que los resultados señalaron diferencias significativas entre las especies; *Acacia dealbata*, *Acacia melanoxylon* y *Acacia mearnsii* (Cuadro N° 5).

Cuadro N° 5
PARÁMETROS OBTENIDO EN UN ENSAYO CON ACACIAS A LOS 9 AÑOS DE EDAD

Especies	DAP (cm)	Altura (m)	Supervivencia (%)
<i>Acacia dealbata</i>	16,5	18,4	90
<i>Acacia mearnsii</i>	12,5	16,1	87
<i>Acacia melanoxylon</i>	9,7	11,6	85

(Pinilla et al., 2004)

La información de crecimiento y rendimiento ha sido obtenida desde rodales de *Acacia melanoxylon* y *Acacia dealbata* situados entre el paralelo 35°30' y 40° S y entre los meridianos 73°30' W y 72°30' W. La precipitación anual en el área de estudio varía entre 600 y 1.500 mm. Las unidades cubren los períodos de rotación esperados para estas especies (10 y 30 años, para *A. dealbata* y *A. melanoxylon*, respectivamente).

Para un mejor estudio de las variables dasométricas de las especies y un posterior ajuste y validación de modelos, es necesaria la incorporación de información proveniente de variadas situaciones de crecimiento, en donde las parcelas permanentes y distintos tipos de ensayos han resultado ser más eficientes para recolectar datos destinados al desarrollo de modelos de crecimiento a través de su

análisis conjunto, tendiendo estos a ser más representativos al muestrear ampliamente las diversas condiciones.

La información obtenida desde las distintas unidades se ha ingresado al sistema de manejo y procesamiento de la información antes mencionado, que ha generado la investigación, el cual genera una salida con las principales variables de rodal. Esta información es la que se utiliza en los distintos análisis de crecimiento y rendimiento en desarrollo. De igual forma, a partir de la recuperación de variables de distribución, es posible generar la salida gráfica de la distribución diamétrica generada a partir de variables de rodal, lo cual es útil para observar el desarrollo de los rodales en términos de la concentración del rendimiento. Un ejemplo de esta salida se presenta en la Figura N° 9.

Los rodales presentaban densidades promedio de 1.189 arb/ha. En *Acacia dealbata*, algunos rodales correspondían a regeneración natural, en consecuencia sin un espaciamiento determinado. Los valores dasométricos obtenidos indican volúmenes totales que varían entre los 100 a 400 m³/ha, dependiendo de la edad, para el caso de *Acacia dealbata*, y de valores aún mayores, en el caso de *Acacia melanoxylon* (Figuras N° 10 y 11).

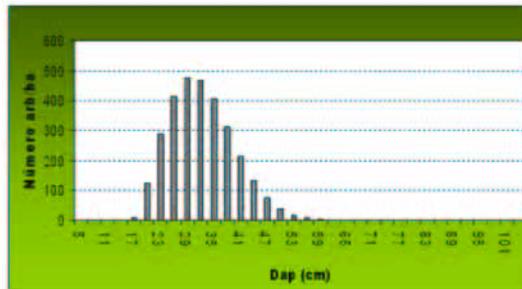


Figura N° 9
DISTRIBUCIÓN DIAMÉTRICA GENERADA A PARTIR DE VARIABLES DE RODAL

En los estudios de rendimientos se han observado fuertes incrementos en altura y diámetro de las especies de *Acacia* consideradas en esta investigación. *Acacia dealbata* confirma ser una especie promisoría, presentando el mejor desarrollo de todas las especies ensayadas. En términos de rendimiento, los resultados obtenidos desde parcelas permanentes indican incrementos anuales en volumen de 20 m³/ha para *A. dealbata*, en tanto que *Acacia melanoxylon* alcanza a 10 m³/ha. En sitios de buena calidad ambas especies arrojan valores aún mayores (Pinilla, 2005).

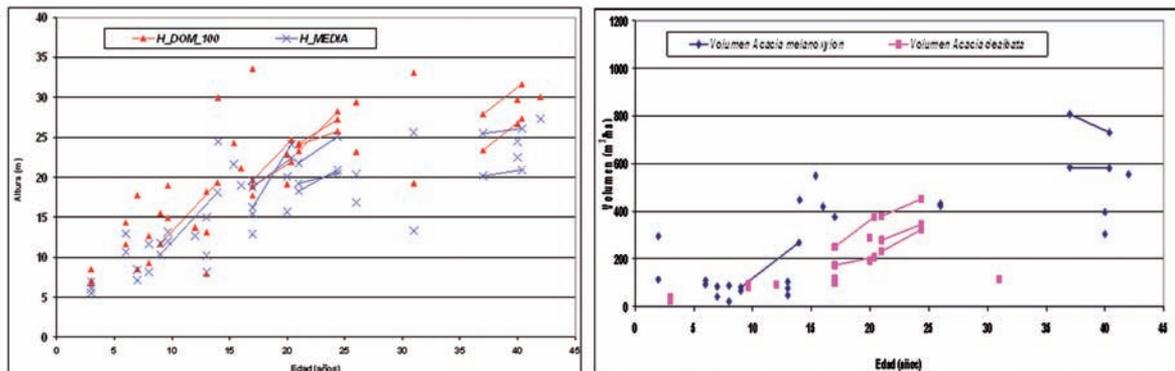


Figura N° 10
RELACIÓN EDAD – ALTURA (DOMINANTE Y MEDIA) OBTENIDA DESDE ENSAYOS Y PARCELAS PERMANENTES Y SERIES DE CRECIMIENTO EN VOLUMEN SEGÚN ESPECIE Y EDAD

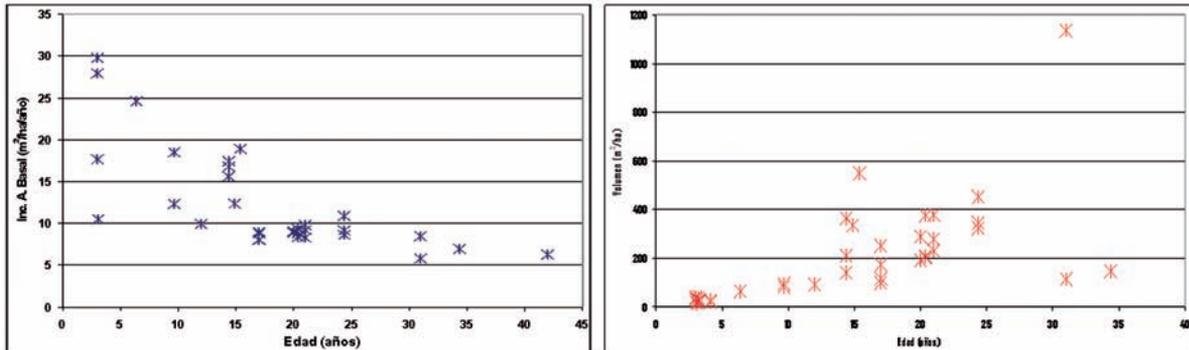


Figura N° 11
INCREMENTOS EN ÁREA BASAL Y VOLUMEN SEGÚN EDAD *Acacia dealbata*

Existe variabilidad en general en los antecedentes de crecimiento observados, lo que tiene su explicación en la variación en calidad de sitio entre los ensayos, a que se trata de rodales sin manejo y a que hasta ahora se está trabajando con material sin mejoramiento genético.

No obstante lo anterior, se observan en estos rodales interesantes crecimientos y volúmenes, lo que se confirma al analizar la nueva información proveniente de rodales establecidos por INFOR, con semilla con un primer grado de mejoramiento genético en las colecciones procedencia/progenie, y con técnicas adecuadas de establecimiento de las plantaciones.

En la el Cuadro N° 6 se presenta una matriz de crecimiento que resume los incrementos en volumen registrados en la investigación.

Cuadro N° 6
MATRIZ DE CRECIMIENTO ORIGINADA EN LAS PARCELAS EXPERIMENTALES

	ESPECIE	EDAD (años)	IMA (m ³ /ha/año)	DENSIDAD (arb/ha)	Altura Dominante (m)	DAP MEDIO (mm)	UBICACIÓN
1	<i>A. melanoxylon</i>	15,00	17,7	1620	18,39	167,3	TOME
2	<i>A. dealbata</i>	24,37	13,3	840	28,20	223,7	MULCHEN
3	<i>A. dealbata</i>	24,37	14,2	1080	25,73	210,3	MULCHEN
4	<i>A. dealbata</i>	24,37	18,6	780	27,21	265,5	MULCHEN
5	<i>A. dealbata</i>	20,37	18,5	1760	21,92	170,6	MULCHEN
6	<i>A. dealbata</i>	16,99	6,9	1000	17,71	152,5	MULCHEN
8	<i>A. melanoxylon</i>	40,37	18,1	880	23,34	377,9	FUTRONO
9	<i>A. melanoxylon</i>	40,37	14,4	960	27,88	264,4	FUTRONO
10	<i>A. melanoxylon</i>	6,99	12,1	1180	17,74	104,4	VALDIVIA
11	<i>A. dealbata</i>	15,37	35,8	900	24,26	290,9	MULCHEN
12	<i>A. dealbata</i>	11,99	7,6	1340	13,74	119,1	MULCHEN
13	<i>A. dealbata</i>	20,37	10,2	860	24,65	190,7	MULCHEN
14	<i>A. dealbata</i>	20,37	10,1	940	23,38	179,8	MULCHEN
15	<i>A. dealbata</i>	19,99	9,6	1100	19,13	181,2	LOS ANGELES

	ESPECIE	EDAD (años)	IMA (m ³ /ha/año)	DENSIDAD (arb/ha)	Altura Dominante (m)	DAP MEDIO (mm)	UBICACIÓN
16	<i>A. dealbata</i>	19,99	14,4	1400	22,81	177,4	LOS ANGELES
17	<i>A. melanoxyton</i>	39,99	7,6	920	29,70	191,0	LINARES
18	<i>A. melanoxyton</i>	39,99	9,9	900	26,71	227,9	LINARES
19	<i>A. melanoxyton</i>	41,99	13,2	820	30,05	263,5	LINARES
20	<i>A. dealbata</i>	14,37	25,3	700	26,55	250,6	PEMUCO
21	<i>A. melanoxyton</i>	14,37	14,7	600	24,68	224,3	PEMUCO
22	<i>A. melanoxyton</i>	19,37	23,1	1080	21,02	264,7	S.JOSE MARIQ
23	<i>A. melanoxyton</i>	9,37	11,9	1140	15,40	141,2	S.JOSE MARIQ
24	<i>A. melanoxyton</i>	29,37	11,4	980	22,34	235,5	S.JOSE MARIQ
25	<i>A. melanoxyton</i>	29,37	13,4	1080	24,87	222,9	S.JOSE MARIQ
26	<i>A. dealbata</i>	6,37	10,0	520	16,80	156,7	MEHUIN
27	<i>A. melanoxyton</i>	9,37	14,2	660	18,35	183,5	LOS LAGOS
28	<i>A. melanoxyton</i>	6,99	5,9	1360	8,48	103,0	LOS LAGOS
29	<i>A. melanoxyton</i>	16,37	4,5	680	14,37	156,9	GALVARINO
30	<i>A. melanoxyton</i>	12,99	3,6	980	7,91	147,1	GALVARINO
31	<i>A. melanoxyton</i>	16,37	6,3	540	20,53	174,0	FREIRE
32	<i>A. melanoxyton</i>	12,99	8,0	1000	18,18	135,4	FREIRE
33	<i>A. melanoxyton</i>	16,37	5,2	520	17,76	171,5	FREIRE
34	<i>A. melanoxyton</i>	20,37	5,7	660	19,79	165,8	FREIRE
36	<i>A. dealbata</i>	9,65	8,5	1320	14,90	118,9	TEMUCO
38	<i>A. dealbata</i>	14,37	9,8	400	17,85	241,3	TEMUCO
39	<i>A. dealbata</i>	34,37	4,3	480	17,94	238,8	TEMUCO
44	<i>A. dealbata</i>	30,99	36,6	1920	33,07	262,6	TEMUCO
45	<i>A. melanoxyton</i>	14,00	32,0	1200	29,93	195,0	HUALQUI
46	<i>A. melanoxyton</i>	10,99	26,8	2160	29,05	135,2	HUALQUI
47	<i>A. melanoxyton</i>	10,99	10,4	1160	14,55	145,0	HUALQUI
48	<i>A. melanoxyton</i>	7,99	11,0	2340	12,64	90,6	HUALQUI
49	<i>A. melanoxyton</i>	7,99	2,6	1300	9,27	60,2	HUALQUI
50	<i>A. melanoxyton</i>	8,99	7,5	1340	15,51	98,7	TOME
80	<i>A. dealbata</i>	3,95	23,6	1660	12,52	118,6	CAÑETE
81	<i>A. dealbata</i>	2,99	7,9	1740	7,08	52,8	QUIRIHUE
82	<i>A. dealbata</i>	3,95	19,6	1540	9,09	128,8	LEBU
83	<i>A. dealbata</i>	4,13	4,9	1480	7,02	54,6	YUMBEL
84	<i>A. melanoxyton</i>	10,99	9,8	1000	13,12	175,5	CHANCO
85	<i>A. dealbata</i>	4,13	6,6	1500	8,93	65,1	LAJA
100	<i>A. melanoxyton</i>	16,65	7,6	640	19,00	184,6	QUEPE
101	<i>A. melanoxyton</i>	16,51	26,8	3560	27,33	118,9	CONTULMO
102	<i>A. dealbata</i>	3,23	8,3	1580	8,58	63,4	FLORIDA

	ESPECIE	EDAD (años)	IMA (m ³ /ha/año)	DENSIDAD (arb/ha)	Altura Dominante (m)	DAP MEDIO (mm)	UBICACIÓN
103	<i>A. dealbata</i>	3,23	11,7	1280	9,51	88,9	TOME
104	<i>A. dealbata</i>	3,23	8,5	1500	8,97	66,6	FLORIDA
105	<i>A. dealbata</i>	2,13	4,5	1020	5,16	26,1	CAUQUENES
106	<i>A. dealbata</i>	4,23	6,4	1180	9,83	73,1	PORTEZUELO
107	<i>A. dealbata</i>	2,23	6,6	1200	7,02	53,6	TRAIGUEN
108	<i>A. dealbata</i>	4,23	14,5	3100	12,66	60,4	YUNGAY
200	<i>A. melanoxylon</i>	14,88	22,6	1450	23,64	184,1	NACIMIENTO
1000	<i>A. melanoxylon</i>	16,65	8,6	720	19,43	185,1	QUEPE
1011	<i>A. dealbata</i>	18,99	15,6	1080	25,71	182,4	CONTULMO
2001	<i>A. dealbata</i>	5,95	7,3	1180	12,10	93,8	LAJA
2002	<i>A. dealbata</i>	5,95	8,0	1300	12,11	93,9	LAJA
2003	<i>A. dealbata</i>	5,95	10,9	1360	12,95	85,8	LAJA
2004	<i>A. dealbata</i>	5,95	5,6	1060	11,72	87,3	LAJA
2005	<i>A. dealbata</i>	5,95	9,7	1460	12,02	98,5	PORTEZUELO
2006	<i>A. dealbata</i>	5,95	6,3	1380	11,40	79,4	PORTEZUELO
2007	<i>A. dealbata</i>	5,95	10,6	1120	11,81	119,2	PORTEZUELO
2008	<i>A. dealbata</i>	5,95	13,6	1280	13,54	121,6	PORTEZUELO

Si se considera *Acacia dealbata* para fines pulpables, rotaciones mayores a 12 años no se justificarían, dado que a esa edad los volúmenes serían cercanos a los 200 a 250 m³/ha, y considerando que se establece en sitios marginales, las expectativas de rendimiento son atractivas. Sin embargo, actuales tendencias del mercado en Australia y Nueva Zelanda están apuntando al uso de esta especie en productos de valor (muebles, chapas), por lo que se hace necesario incorporar a su estudio este punto de vista. Esto significa ahondar en esquemas de manejo, densidad inicial de plantación, raleo y podas. Los crecimientos y forma del árbol presentados en Chile por algunas procedencias específicas permiten pensar que el uso industrial de la madera aserrada o chapas de esta especie es viable técnicamente. En relación con la madera aserrada de *Acacia melanoxylon*, los valores en volumen total en pie reportados son altamente atractivos, alcanzando a los 20 años valores hasta 400 a 500 m³/ha.

Es posible describir el comportamiento general de todos los rodales evaluados y su rendimiento, lo cual se puede apreciar a través de las Figuras N°s 12 a 14, donde se presentan relaciones volumen - edad y altura dominante - edad generadas desde la base de datos del programa, correspondiendo la parte baja de los gráficos a las unidades nuevas de menor edad.

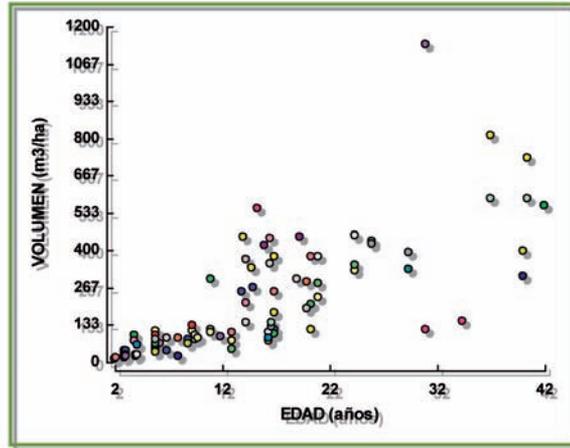


Figura N° 12
RELACIÓN EDAD-VOLUMEN

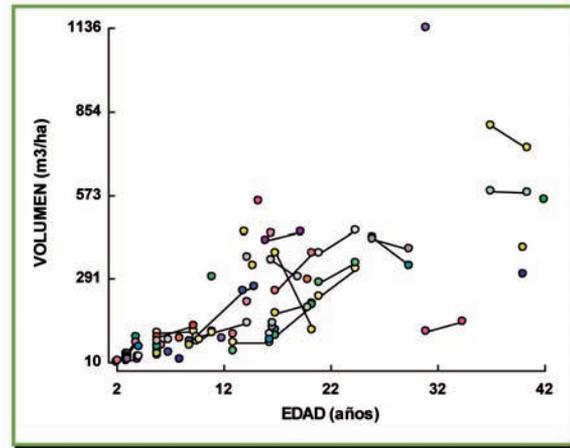


Figura N° 13
SERIES DE CRECIMIENTO EN VOLUMEN

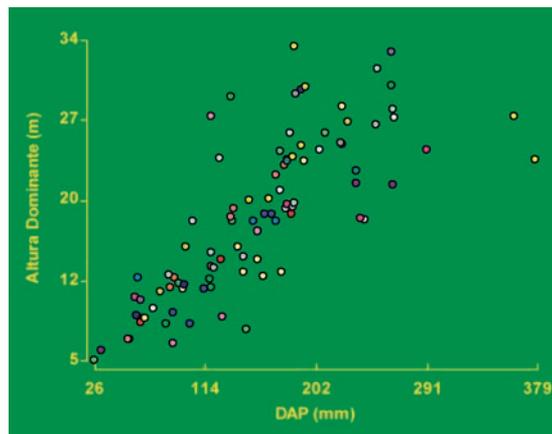


Figura N° 14
RELACIÓN DAP-ALTURA DOMINANTE

Estas relaciones dasométricas representan amplias zonas de la zona centro-sur del país, por lo que representan información básica útil para productores interesados en estas especies.

Se debe tener presente que se trata de plantaciones experimentales, que si bien han sido instaladas con buenas técnicas de establecimiento, no tienen manejo posterior y corresponden a material con solo un primer grado de mejoramiento genético dado por semilla proveniente de árboles *plus*, razón por la que los resultados que se están obteniendo pueden ser considerados como una línea base para desarrollo silvícola posterior de estas especies.

Este trabajo debe ser complementado con un seguimiento a mayor edad y con el desarrollo de investigación en torno a mejoramiento genético, técnicas de propagación y manejo silvícola, en función de diferentes productos.

Modelos de Crecimiento

Con las mediciones de las parcelas permanentes y ensayos se han desarrollado modelos de gestión para acacias basados en los modelos tradicionales y la experiencia de INFOR con especies forestales de rápido crecimiento (Draper and Smith, 1967; Clutter *et al.*, 1983; Pienaar and Shiver, 1986; García, 1994; INFOR-FONDEF, 1995; INFOR, 2001).

Los modelos obtenidos son aplicables tanto a *Acacia dealbata* como a *Acacia melanoxylon* y corresponden a:

- Modelo de Sitio
- Modelo de Área Basal
- Modelo de Volumen
- Modelo de Mortalidad Natural
- Modelo de Sitio

El resultado de las proyecciones en altura dominante para los diferentes Índices de Sitio hasta la edad de 30 años se presenta en la Figura N° 15. Se observa que a esa edad los sitios alcanzan una altura dominante de entre 20 a 35 m, similares a las registradas en pino radiata y eucaliptos.

El modelo de sitio corresponde a:

$$Hd = 37,1 * \{1 - (1 - [S / 37,1]^{0,9767177})^{[E/20]}\}^{[1 / 0,9767177]} \quad [E \geq 5]$$

Donde :

H = Altura dominante (m), de los 100 árboles mayores por hectárea.

S = Índice de Sitio (Altura dominante de los 100 árboles más gruesos por hectárea) para edad clave de 10 años.

T = Edad (años).

Tc = Edad índice o clave; 10 años.

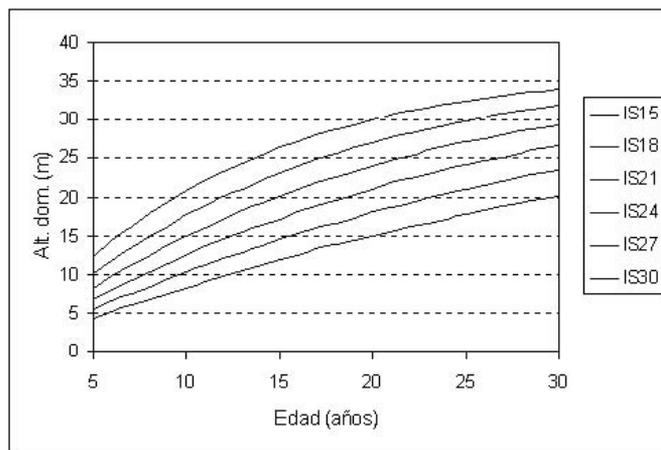


Figura N° 15
FUNCIÓN DE ÍNDICE DE SITIO PARA DIFERENTES SITIOS (15 A 30)

- Modelo de Área Basal

$$G = \text{EXP}[-3,941 + (47,309/E)] * [N^{(0,644 + (-4,716/E))}] * [\text{Hd}^{(1,184 - (8,359/E))}] \quad [E \geq 5]$$

$$R^2 = 0,86 \quad \text{ECM} (\%) = 15,3$$

Donde:

G = Área Basal (m²/ha).

Hd = Altura dominante. Altura de los 100 árboles más gruesos (m)

E = Edad (años).

N = Número de árboles por hectárea.

- Modelo de Volumen

En base al volumen por hectárea, calculado según la función de volumen de árbol individual para *Acacia dealbata*⁶ (INFOR, 2000), es posible desarrollar y reajustar una función de volumen por hectárea. A través de una regresión lineal paso a paso se ha generado un modelo de volumen total, que corresponde a:

$$V = G [15,9590806 - 0,0036469 (NH)/G - 77,8170418 (1/Hd) + 40,2795808 (Hd/N) - 2,2460213 (Hd/\sqrt{N})]$$

$$R^2 = 0,98 \quad \text{ECM} (\%) = 6,6$$

Donde:

V = Volumen para un índice de utilización de 10 cm (m³ ssc /ha).

G = Área basal (m²/ha).

Hd = Altura dominante (m).

N = Densidad (arb/ha).

⁶ Vol = - 0,1963572 + 0,0193789*(DAP) + 0,0000122*(DAP)³.

- Modelo de Mortalidad Natural

Al igual que en el caso del modelo de volumen, no se detectaron variaciones en la eficiencia del modelo de mortalidad natural, entregando buenos resultados. Según los resultados, es posible pensar en establecer un porcentaje anual de mortalidad, siendo este cercano al 2%. El modelo ajustado junto a sus coeficientes se presenta a continuación:

$$N_2 = N_1 (E_2 / E_1) ^{ b_1 } \text{EXP} [b_0 (E_2 - E_1)]$$

Donde:

$$b_0 = 0,01465$$

$$b_1 = -0,00758$$

N2 = Número de árboles por hectárea en E₂.

N1 = Número de árboles por hectárea en E₁.

E2 = Edad 2 (años).

E1 = Edad 1 (años).

Modelo válido para edad 2 ≤ Edad ≤ 15 (años)

Crecimiento en las Nuevas Unidades Experimentales

Es muy interesante observar los resultados que se obtienen del análisis de las nuevas unidades experimentales instaladas con material con un primer grado de mejoramiento genérico, procedente de árboles *plus* de ensayos y plantaciones anteriores, aún cuando su edad aún no es mayor a 5 años. Estas unidades se presentan en el Cuadro N° 7.

En este primer análisis se observa un crecimiento acelerado de estos rodales, con una tendencia que corrobora el potencial de las especies, resultados que tendrán seguimiento en mediciones periódicas posteriores y que muy probablemente consolidarán las interesantes perspectivas de estas especies.

Cuadro N°7
UNIDADES EXPERIMENTALES MÁS RECIENTES

Ensayo	Especie	Región	Plantación
Parcelas Permanentes	<i>Acacia dealbata</i>	Bío Bío	2004
Parcelas Permanentes	<i>Acacia dealbata</i>	Bío Bío	2004
Parcelas Permanentes	<i>Acacia mearnsii</i>	Bío Bío	2004
Parcelas Permanentes	<i>Acacia dealbata</i>	Maule	2005
Parcelas Permanentes	<i>Acacia dealbata</i>	Maule	2005
Parcelas Permanentes	<i>Acacia dealbata</i>	La Araucanía	2005
Parcelas Permanentes	<i>Acacia mearnsii</i>	Maule	2005
Parcelas Permanentes	<i>Acacia mearnsii</i>	La Araucanía	2005

Este análisis se puede observar en la Figura N° 16, donde se presenta el volumen (m³/ha) que están presentando estas unidades establecidas con material superior, en el rango de edad de 3 a 5 años.

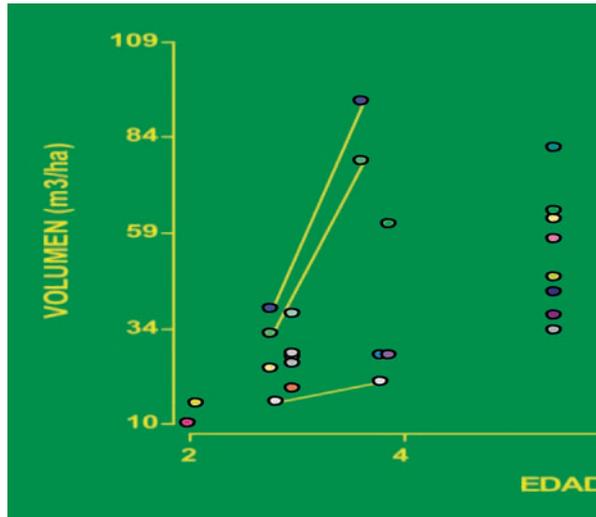


Figura N° 16
RELACIÓN VOLÚMEN EDAD DE UN CONJUNTO DE PARCELAS
PRINCIPALMENTE DE *Acacia dealbata*

Experiencias en Nueva Zelanda

Las investigaciones con acacias desarrolladas por INFOR han permitido establecer relaciones con distintas organizaciones en Brasil, Australia y Nueva Zelanda. Con este último país se ha mantenido intercambios de información, publicaciones y asistencia técnica a través de expertos en *Acacia melanoxylon*. Se ha contado así con la colaboración de ENSIS (*Joint Venture* de investigación entre CSIRO de Australia y SCION de Nueva Zelanda) para iniciar nuevas investigaciones con acacias, y en especial con *Acacia melanoxylon*.

Es interesante señalar la experiencia de Nueva Zelanda con *Acacia dealbata*, donde se la está estudiando para la producción de celulosa. Actualmente están comparando el crecimiento de la especie en formaciones originadas por plantación o siembra, lo que se puede apreciar en la Figura N° 17⁷.

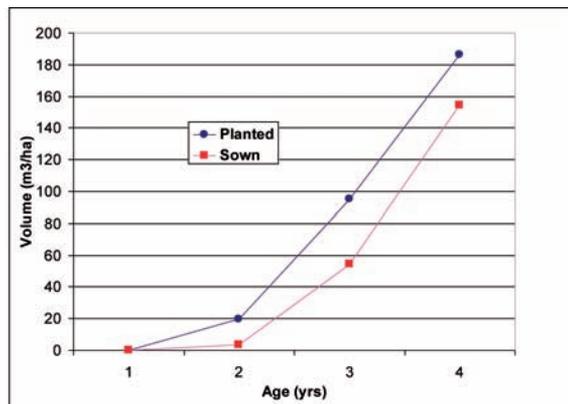


Figura N° 17
CRECIMIENTO DE *Acacia dealbata* EN NUEVA ZELANDIA SEGÚN PLANTACIÓN O SIEMBRA

⁷ Ian Nicholas, SCION Nueva Zelanda, Comunicación personal. 2009

En tanto *Acacia melanoxylon* o *Blackwood* presenta un desarrollo interesante en Nueva Zelandia y se la ha estado estudiando desde 1978, principalmente en función de su utilización. En 1984 se instalan los primeros ensayos sobre genética y en 1987 las primeras experiencias de manejo en parcelas permanentes. Posteriormente, dado el interés que presentó la especie, se conformó el año 1989 el grupo AMIGO (*Acacia Melanoxylon Interest Group Organisation*). En el año 2002 se iniciaron los estudios relacionados con modelos de crecimiento, esquemas de manejo y nuevos ensayos genéticos. Finalmente, en el año 2005, se obtienen datos validados de rendimiento y efectos del sitio y de la silvicultura en la madera, conjuntamente con el desarrollo de los mercados australianos para la madera de la especie.

Una de las primeras consideraciones que se plantean es la necesidad de mantener la humedad en las plantaciones de *Blackwood* e intentan inicialmente sistemas de crecimiento o cultivo en mezclas con matorral nativo, con otras especies exóticas, como pino y eucalipto, y en rodales puros. De los sistemas mixtos se reportan más fracasos que éxitos y señalan que este tipo de manejo genera una reducción de la población para selección y que suprime parte del crecimiento en diámetro, siendo además una excusa para un pobre manejo forestal.

En ensayos de manejo forestal inicialmente utilizaron un mínimo de 450 arb/ha hasta un máximo de 2.550 arb/ha, junto con ensayos de poda hasta un diámetro de 3 cm. Estos ensayos les permitieron recomendar dejar siempre una copa viva de 3 m para una cosecha final de 200 arb/ha y desarrollar propuestas de esquemas de manejo para la especie como la que indica el Cuadro N° 8.

En el caso de *Acacia dealbata*, no han desarrollado este tipo de propuesta, pero señalan que existe la posibilidad de desarrollo de productos aserrables de esta especie con esquemas de manejo con podas y raleos, que requieren de mayor investigación.

Respecto de modelos de crecimiento para *Acacia melanoxylon*, *Blackwood*, se han desarrollado prototipos empíricos considerados útiles en ese país. El último modelo desarrollado se originó a partir de 1.722 mediciones obtenidas desde 229 parcelas y se llegó a valores que son similares a los límites inferiores de crecimiento registrados en Chile. Un ejemplo de los valores obtenidos para el crecimiento de *Acacia melanoxylon* se presentan en el Cuadro N° 9.

Cuadro N° 8
PROPUESTA SILVÍCOLA PARA *Acacia melanoxylon*

Edad (Años)	Densidad (arb/ha)	DAP (cm)	Altura (m)	Volumen			Observaciones
				Unitario (m ³ /arb)	Total (m ³ /ha)	A Extraer (m ³ /ha)	
1	1600	1,2	0,9	0,006	9,19		Plantacion a 2,5 x 2,5 m
2	1600	2,4	1,8	0,006	9,60		
7	1600	8,4	6,3	0,018	29,56		
8	1350	9,6	7,2	0,025	33,44	6,19	Primer raleo
9	1350	10,8	8,1	0,033	44,35		
11	1350	13,3	10,0	0,057	76,37		Primera poda a 4 m
15	1100	18,5	14,0	0,144	158,13	35,94	Segundo raleo
16	1100	19,8	15,0	0,175	192,71		Segunda poda a 7,5 m
22	850	26,8	20,4	0,429	364,30	107,15	Tercer raleo
23	850	27,7	21,1	0,473	402,11		
29	600	33,0	25,3	0,803	481,55	200,64	Cuarto Raleo
30	600	34,0	26,0	0,874	524,61		
36	350	38,2	29,0	1,226	429,14	306,53	Quinto raleo
37	350	38,9	29,5	1,293	452,43		
41		41,7	31,5	1,583		554,05	Cosecha

(Fuente: Ian Nicholas, 2006. Ensis Genetics, The Join Forces of CSIRO and SCION, ian.nicholas @ensisjv.com, www.nzffa.org.nz. Comunicación personal).

Cuadro N° 9
VALORES OBTENIDOS DE MODELO DE DESARROLLO PARA *Acacia melanoxylon*

	Edad (años)	Densidad (arb/ha)	Altura Total Media (m)	Área Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	Crecimiento Volumétrico (m ³ /ha/año)
Media	9,2	788	9,1	8,6	42,9	5,230
Desviación	5,5	744	5,2	9,3	69,0	4,240
Mín.	3,0	20	2,1	0,0	0,1	0,136
Máx.	34,0	6000	31,8	55,4	462,2	21,090

(Fuente: Nicholas and Brown, 2002)

Estos estudios mencionan que alrededor del año 18, un 60 a 70% del volumen se concentra en el fuste y estiman existencias cercanas a 300 m³/ha al fin de la rotación (35 años), situación también similar a la registrada en Chile. Se señala, además, la importancia de evaluar por un período más prolongado con el fin de contar con una mayor cantidad de información sobre la concentración del volumen y el aprovechamiento del árbol.

Se ha estudiado también la madera de *Acacia melanoxylon* en Nueva Zelandia y se concluye que el sitio y la silvicultura pueden influir en la densidad de madera y que las tasas de crecimiento tienen influencia sobre esta; la densidad básica de la madera disminuye a mayor velocidad de crecimiento, el porcentaje de madera dura disminuye con un crecimiento más rápido y la tasa de crecimiento tendría una influencia pequeña sobre el color de la madera.

En Nueva Zelandia se recomienda una serie de prácticas al momento de utilizar la especie, entre las cuales se destacan establecer rodales de poca extensión utilizando semilla común, utilizar un esquema de raleos y podas estándar y una cosecha final al año 35. Se destaca como innecesario el uso de árboles acompañantes para obtener una buena forma en el árbol⁸.

Las conclusiones del trabajo desarrollado en Nueva Zelandia destacan la importancia del sitio en el desarrollo de Blackwood y de una silvicultura basada en podas y raleos. Los modelos de crecimiento por su parte requieren de un mayor desarrollo.

SILVICULTURA

La información reunida indica que las acacias en estudio son especies promisorias por su crecimiento y sus posibilidades industriales. Los resultados que hasta ahora se están obteniendo en los ensayos en terreno, respecto de su crecimiento, y ensayos de propiedades y aptitudes de sus maderas (como se verá en capítulo más adelante) abren interesantes perspectivas para estas especies. Sin embargo, la obtención de productos de mayor valor exige la aplicación de silvicultura intensiva y superficies suficientes de plantaciones para ubicar a estas especies como alternativas interesantes y complementarias a las especies tradicionales. La experiencia ganada en Nueva Zelandia así lo indica.

INFOR ya ha avanzado en materia de técnicas de establecimiento de plantaciones, selección de procedencias de semilla, estudios de crecimiento en plantaciones originadas de semilla local y australiana, y está dando los primeros pasos para un programa de mejoramiento genético mediante ensayos procedencia/progenie e investigaciones sobre propagación gámica y agámica. Igualmente ha realizado estudios sobre las propiedades y aptitudes de uso de la madera y ha iniciado estudios para validar esquemas de manejo silvícola en diferentes sitios y en función de distintos productos.

Los esquemas de manejo silvícola deben contemplar básicamente secuencias de raleos, que buscan concentrar el volumen en un menor número de ejemplares y alcanzar mayores diámetros, y secuencias de podas que sucesivamente van limpiando el fuste de ramas en altura, con el fin de generar la mayor proporción posible de su volumen libre de nudos. Estos esquemas permiten al propietario obtener algunos productos intermedios de los raleos y madera de mayor valor en la cosecha, en tanto que el procesamiento industrial posterior de la madera generará también productos de mayor valor.

Poda y Raleo

La poda es una de las técnicas de cultivo de mayor importancia en plantaciones para producir madera de alto valor, ya que define su calidad, y determina el valor y los mercados en que podrá comercializarse.

Para producir madera de calidad y elevada rentabilidad, se deben tener como objetivo las trozas para foliado, que corresponden a la mejor calidad, y cuyas dimensiones mínimas actualmente corresponden a 3 m de largo y 40 cm de diámetro, con un cilindro central nudoso de máximo 10 -12 cm. El largo mínimo de troza es 2,20 – 2,50 m, pero si es mayor el valor de la troza aumenta en forma más que proporcional y algo similar ocurre con el diámetro.

Sin embargo, en la práctica no es raro encontrar trozas de excelentes dimensiones con decoloraciones (manchas negras) o defectos internos que las deprecian fuertemente. Parte importante

⁸ Ian Nicholas, 2006. Ensis Genetics, The Join Forces of CSIRO and SCION, Comunicación personal.

de esos defectos se origina en técnicas de poda inapropiadas. Conviene considerar que la poda es una técnica imprescindible cuando se espera ingresar al mercado de la madera de calidad y alto valor, y que los costos a ella asociados corresponden a una inversión.

La mejor época para podar corresponde al invierno. No hay que podar cuando las hojas están brotando ni cuando están cayendo. Durante los primeros años es indispensable formar los individuos, para que sea posible la obtención de madera de calidad.

La poda se define por el tipo de productos deseados. Si se privilegia la madera de calidad para el aserrío o foliado, el árbol se debe manejar para obtener un fuste recto, sin ramas y con crecimiento regular (anillos de crecimiento de anchos regulares).

Cada árbol debe observarse desde todos los ángulos, para tener una apreciación global de su situación; la observación desde sólo un punto induce serios errores en la poda. Luego se establece el tipo de dominancia apical del individuo (elevada, media, baja o nula), ya que cada categoría requiere de una poda diferente. Si un individuo no presenta dominancia apical marcada, la poda de formación es necesaria para asegurar la formación de troncos rectos sin nudos (Crawford, 1996).

Se define el ápice y eliminan las ramas según el tipo de poda seleccionada, privilegiando la rectitud del eje y el balance del árbol. Para asegurar la buena cicatrización y evitar la entrada de patógenos por la herida de poda, esta se debe realizar cuidando que el corte se realice tan cerca como sea posible al cuello de la rama. La forma adecuada es comenzar por eliminar las ramas gruesas y mal ubicadas, evitando el desgarramiento de la corteza. No deben quedar muñones y nunca hay que eliminar el cuello o anillo cicatricial, ni cortar por detrás de la arruga de la corteza de la rama. No se deben pintar las heridas (Shigo, 1994).

Para la producción de madera de la mejor calidad bajo esquemas de arboricultura o manejo intensivo, en particular para producir acacias de calidad, se recomienda investigar los efectos de una poda de formación seguida de podas paulatinas de levante sobre la calidad y crecimiento del árbol.

INFOR ha instalado ensayos de manejo en *Acacia dealbata* con el objetivo de determinar esquemas de intervención de podas y raleos que permitan obtener madera de adecuada calidad para los productos industriales que se considera que esta especie puede entregar.

Entre estos productos destacan madera aserrada de gran trabajabilidad y facilidad de secado con un atractivo color y veteado, y chapas que presentan interesantes características de calidad. Para obtener madera apropiada para estos productos se requiere de las intervenciones de manejo mencionadas. En el Cuadro N° 10 se presenta un ejemplo de los ensayos al respecto.

Cuadro N° 10
ESQUEMA DE MANEJO APLICADO EN *Acacia dealbata* CON INICIO A LOS 3 AÑOS

Tratamiento	Variables		Edad de Intervención Futura	
	Poda (% largo de copa)	Raleo (N° árboles residuales)	Año 5-6 (N° árboles residuales)	Año 9-10 (N° árboles residuales)
T	-----	-----	-----	-----
P1	50%	834	300	---
P2	70%	834	600	300
P3	50%	1000	800	300

Este tipo de ensayos se han instalado para *Acacia dealbata*, pero la alta calidad y valor de la madera y productos de *Acacia melanoxylon*, de acuerdo con información reunida en Chile y en Nueva Zelandia, hacen necesario establecer ensayos de este tipo con esta especie también.

Plantaciones Mixtas

En relación a la asociación de especies en rodales mixtos, siempre deben ser analizadas las relaciones interespecíficas, tales como alelopatía, compatibilidad y complementación (Wrann, 1983). *Acacia melanoxylon* se presta favorablemente a ser establecido en mezclas, crece bien con eucaliptos, pino oregón, pino insigne y otras. También puede ser mezclado con *Nothofagus* spp. Para decidir el espaciamiento y modalidad de mezcla, deben existir antecedentes sobre la dinámica de crecimiento juvenil de las especies participantes en el sitio donde se desee instalar *Acacia melanoxylon* (Siebert, 1994). Los estudios del CSIRO (Khanna, 1999) indican que las plantaciones mixtas de eucalipto con acacia entregan mejor calidad en madera y también beneficios medio ambientales. Resultados similares se encontraron en los años 1996 y 1997 en los estudios realizados por la Universidad Austral de Chile (Yañez, 1996; Reinike, 1996 y Toledo, 1997).

Estas plantaciones mixtas (1:1) pueden fijar alrededor de 30 kilogramos de nitrógeno por hectárea, lo cual estaría reemplazando el nitrógeno perdido del sistema al final de la cosecha. En parcelas de ensayos de plantaciones mixtas realizados en Tailandia se observaron, después de 28 meses, crecimientos superiores en un 15% a los apreciados en una plantación pura de eucalipto, atribuyendo la diferencia al efecto de acacias creciendo en conjunto con eucalipto (Khanna, 1999).

Las plantaciones mixtas pueden realizarse con diferentes disposiciones espaciales (Buresti y Frattegiani, 1995):

Plantaciones en grupo: Constituidas por núcleos puros o monoespecíficos, en los cuales el efecto de la asociación se expresa en forma más marcada en los bordes de los grupos, y en forma limitada dentro de ellos. Su ventaja es que los esquemas de plantación son más simples y pueden adoptarse distanciamientos menores. Se emplean si existen condiciones de sitio diferenciadas en el área.

Plantaciones en hilera: Se caracterizan por hileras puras, donde cada hilera puede tener al lado hileras de la misma especie o de otras especies. Tiene un mayor efecto lateral y permite la selección de los mejores individuos dentro de cada hilera. Si se usan especies de rotaciones

distintas, este esquema facilita la cosecha.

Asociaciones a nivel de árbol individual o pie a pie: Cada planta puede estar rodeada de especies distintas según un esquema simétrico y repetitivo. Esta tipología maximiza el efecto de la asociación. Si las especies tienen rotaciones distintas es muy importante estudiar detenidamente el esquema de plantación, para facilitar la cosecha y extracción.

En general, la asociación por grupos es la más segura, aunque al aumentar el tamaño de los grupos se pierde parte de las ventajas de las masas mixtas. Con relación a la elección de especies para la asociación y con el fin de lograr un máximo de ventajas, Burschel y Huss (1997) dicen que se logra un máximo de estabilidad cuando las especies se complementan en sentido ecológico. Los pares complementarios por ejemplo son coníferas con latifoliadas, especies de raíces pivotantes con otras de raíces superficiales, especies tolerantes a la sombra con intolerantes, y otras.

En Chile, principalmente en las regiones de Los Ríos y Los Lagos, se han realizado plantaciones de *Acacia melanoxylon* en hileras alternadas con pino oregón, con el objeto de mejorar las calidades fustales de ambas especies. También hay experiencias donde se ha asociado hilera por medio pino radiata con *Acacia melanoxylon*. Estas experiencias están en evaluación.

Respecto del efecto de la asociación en plantaciones mixtas en la calidad fustal de individuos de *Acacia melanoxylon*, un estudio realizado por Loewe *et al.* (2004) demostró que esta combinación de especies tiene un efecto significativo sobre el porcentaje medio de árboles futuro de aroma australiano. El tipo de asociación de especies que muestra los mejores resultados corresponde a aroma australiano con maqui con un porcentaje de árboles de 60,70 %. Sin embargo, la plantación pura de aroma presentó el menor porcentaje de árboles futuro, con un 5,47 %. También se demostró que la asociación de especies tiene un efecto significativo sobre el número medio de flechas en árboles no futuros (los árboles futuro por definición no presentan bifurcaciones, pues es un defecto que descalifica la madera). La plantación pura de aroma presenta el mayor número de flechas. La asociación que presentó el menor número de flechas/árbol corresponde a la mezcla de aroma con maqui.

Es interesante señalar que en otros países (Nueva Zelandia) se está abandonando el trabajo con plantaciones mixtas que incluyen *Acacia melanoxylon*, en beneficio de rodales puros manejados intensivamente (poda, raleo) con el objetivo de producir madera de alta calidad libre de nudos⁹. Esta situación debe ser probada en el país a fin de obtener el máximo retorno desde este tipo de plantaciones.

Arboricultura

La arboricultura se dedica al cultivo temporal de árboles individuales o de un conjunto de árboles para producir madera de ciertas características. Esta disciplina se caracteriza por técnicas culturales repentinas, racionales, fundadas sobre bases económicas, ecológicas, agronómicas y/o silviculturales (Loewe, 2003). Existen dos conceptos diferentes asociados a la arboricultura: la arboricultura de cantidad y la arboricultura de calidad (Mercurio, 1993). Estas opciones pueden ser una interesante alternativa para su aplicación en rodales de *Acacia melanoxylon*, por lo que se estima necesario iniciar una línea de estudio en tal sentido, en paralelo a la investigación acerca del manejo forestal intensivo para la producción de madera de alta calidad.

⁹ Ian Nicholas, 2006. Ensis Genetics, The Joint Forces of CSIRO and SCION, ian.nicholas @ensisjv.com, www.nzffa.org.nz. Comunicación personal.

La arboricultura de cantidad busca producir grandes volúmenes de madera de determinadas características dimensionales, en períodos breves, sin prestar mucha atención a la calidad estética y tecnológica de la madera producida. El elemento base de referencia es el conjunto de árboles. Se aplica en especies como álamo, eucaliptos y pinos.

La arboricultura de calidad busca producir, en períodos relativamente breves, madera con determinadas características dimensionales, estéticas y tecnológicas que permitan su colocación en los segmentos altos del mercado. El elemento base de referencia es cada árbol individual de la(s) especie(s) principal(es), debido a que la mayor parte del ingreso depende de la calidad de cada individuo con relación a un objetivo específico, en general asociado a productos lo más rentable posible para la(s) especie(s) seleccionada(s). La silvicultura y la arboricultura de calidad tienen diferentes objetivos. La primera tiene por sujeto el ecosistema forestal íntegro y cada intervención se realiza considerando su evolución; en la segunda el sujeto es cada árbol de la plantación, al que se le da mucha importancia, pues cada árbol debe generar un ingreso al final de la rotación (Buresti, 1994).

En arboricultura de alto valor la homogeneidad de la madera es sinónimo de calidad. La madera de plantas que crecen rápidamente, con anillos anchos, puede ser considerada de calidad si esta característica se mantiene durante toda la rotación. Por el aspecto del tronco se puede estimar la calidad de la madera de *Acacia melanoxylon*; un fuste de calidad es recto, presenta anillos de crecimiento regulares y homogéneos, cilíndrico, sin abultamientos causados por brotes o chupones, sin heridas de poda, pudriciones o grietas (Álvarez *et al.*, s/f). Se entiende por defecto cualquier modificación de la forma del fuste, de la constitución anatómica, de la estructura, disposición y continuidad del tejido, que signifiquen un detrimento de la calidad y cantidad de madera. Defectos típicos de la madera son mala forma y lesiones, bifurcaciones, troza de sección oval y médula excéntrica, curvaturas, presencia de ramas a lo largo del fuste, fibra torcida, ramosidad y nudosidad, zonas necrosadas cicatrizadas, infecciones y otros (Carbone y Venzi, 1993).

Para apreciar la calidad de un árbol se debe realizar un examen minucioso del tronco. Los defectos de la madera son numerosos, pero detectables desde el exterior, y corresponden a (Loewe *et al.*, 2006.):

Regularidad de crecimiento: La calidad de la madera está determinada por la regularidad de los anillos de crecimiento.

Forma: Las trozas más apreciadas son rectas y cilíndricas. Curvaturas, fuertes disminuciones del crecimiento en altura (ahusamiento) y excentricidades, corresponden a los defectos más comunes. Cuando se trata de árboles jóvenes, curvaturas o irregularidades leves disminuyen o desaparecen con la edad.

Nudos: Son los defectos más importantes y frecuentes, en función del grosor y localización. Los nudos son huellas de ramas y se evitan con podas oportunas. Un árbol puede ser considerado como satisfactorio cuando en el transcurso de su crecimiento las ramas han muerto y caído, o han sido eliminadas, mientras el tronco tenía un diámetro inferior a los 8-10 cm. Un árbol puede ser considerado como bien podado si presenta nudos concentrados en su sección central. Los nudos muertos son los defectos más importantes, ya que constituyen una entrada para pudriciones y asilo de aves e insectos.

Heridas: Pueden originarse por daños mecánicos (maquinaria, caída de árboles cercanos, daños de animales, etc.). Las heridas dejan una marca en la madera y constituyen una entrada para patógenos.

Presencia de cuerpos extraños: Clavos, alambre de púas, balas y otros también deprecian la madera.

Dimensión insuficiente: La madera de calidad se vende por metro cúbico y su valor depende de las dimensiones del árbol (a mayor grosor mayor valor). Determinados usos, como el debobinado o foliado, los más remunerativos, se realizan con las trozas más gruesas. También influye el largo de la troza, que se refiere a la sección que presenta un aspecto homogéneo (por ejemplo el largo sin ramas y sin defectos), y no el largo total. Trozas de longitud mayor proporcionan un valor agregado, el que sin embargo resulta inferior al valor agregado que deriva de diámetros mayores. Por esto resulta más rentable producir trozas gruesas y cortas.

Heladas: Producen grietas verticales en la madera, que afectan desde la periferia hacia el interior. Deprecian los árboles en forma importante y son más frecuentes cuando se planta una especie en un sitio no adecuado.

Todos los defectos conllevan una pérdida de madera, con una disminución del valor unitario.

La arboricultura tiene dos características que muestran su peculiaridad; no existen recetas de modelos de cultivo y de manejo preestablecidos, por lo que debe basarse en las características de cada proyecto en particular, y no existen modelos previos dada la gran variedad de situaciones de sitio, de especies y de técnicas culturales, por lo que no es posible definir *a priori* la evolución de una plantación, sino solo estimarla.

Las plantaciones de arboricultura factibles de realizar para producir madera de alto valor son plantaciones puras, formadas por la especie principal seleccionada, o plantaciones mixtas, que pueden estar constituidas por varias especies principales y por varias secundarias, arbóreas o arbustivas, incluso en hileras o cortinas cortavientos.

En el caso de *Acacia melanoxylon*, las formas en que se ha plantado tradicionalmente ha sido en forma pura, en donde en general, hay que realizar un mayor aporte energético para lograr calidad, ya sea a través de una mayor densidad, una mayor intensidad de podas y un mayor número de raleos, o en forma mixta, en donde dependiendo de la mezcla, el aporte energético para lograr calidad es menor.

Conceptualmente, las plantaciones mixtas corresponden a modelos que asocian especies principales, que generan productos de alto valor al final de la rotación, como madera aserrada y foliada, que es posible exportar a mercados exigentes, y especies secundarias o acompañantes, que generan productos como postes, polines, frutos u otros, a obtener en el transcurso de la rotación. Estas especies secundarias favorecen el crecimiento de la especie principal, mejorando además su forma, lo que conduce a una mejor calidad de productos (Loewe y González, 2006).

Las plantaciones mixtas, realizadas adecuadamente, permiten diversificar la producción, disminuir los riesgos fitosanitarios, facilitar las intervenciones culturales como podas y limpiezas, mejorar la calidad de la madera, mejorar el paisaje y aumentar la productividad (Buresti, 1994).

Las especies principales, arbóreas, se destinan a garantizar la parte superior del ingreso obtenido de la plantación. Las secundarias en tanto, arbóreas, arbustivas o herbáceas, son incluidas para favorecer a la especie principal durante su fase juvenil y adulta, y también pueden generar ingresos complementarios (Buresti y De Meo, 1998). Las dos categorías no son rígidas; de hecho una especie principal puede

comportarse al mismo tiempo como especie de acompañamiento con respecto a otra. Este es el caso de dos especies con diferente arquitectura del aparato radicular y aéreo, con distintas exigencias en elementos nutritivos y con diferentes ritmos de crecimiento. También puede ocurrir que una especie secundaria se convierta en la principal fuente de ingreso de la plantación si la especie principal no cumple los objetivos fijados.

III. ÁREAS POTENCIALES PARA ACACIA EN CHILE

Las zonas potenciales de crecimiento para las especies consideradas es un elemento útil al momento de tomar decisiones en cuanto a planificación de forestación y a asignaciones de recursos para fomentar, o desincentivar la inversión en este sentido.

Se combinaron antecedentes relacionados con los requerimientos ecológicos de estas especies, los cuales se contrastaron con las características presentes entre las Regiones de Valparaíso y Los Lagos, a través del uso de las unidades edafoclimáticas de Prado *et al.* (1986).

Toda la información recopilada fue integrada mediante el uso de un sistema de información geográfico, el cual relaciona los requerimientos ambientales de crecimiento de estas especies (temperatura, precipitación, latitud, suelos, humedad relativa, horas de frío o calor, días de lluvia, altitud, etc.) y las condiciones existentes en cada región, lo que permite generar mapas temáticos de las áreas potenciales a plantar.

Este trabajo también hace una sensibilización de las condiciones bajo las cuales estas especies podrían establecerse, basados en experiencias obtenidas desde otros países, en los cuales si bien no existen las condiciones ambientales teóricas para el establecimiento, si han demostrado una adaptación y buen crecimiento (plasticidad). Especial cuidado se tiene en diferenciar las áreas que actualmente están cubiertas por plantaciones forestales y bosques nativos.

Es así como las áreas potenciales para el desarrollo de las especies *Acacia melanoxylon*, *Acacia dealbata* y *Acacia mearnsii*, se determinan considerando los requerimientos ecológicos definidos por la literatura para estas especies. Posteriormente, se recurre para la definición de estas áreas potenciales de desarrollo al "Sistema de Ordenamiento de la Tierra (Regiones del Maule a Los Lagos)" de Schlatter *et al.* (1997).

Los resultados del estudio señalan que el área total de zonas aptas para el crecimiento de las tres especies en análisis alcanza en las Regiones de La Araucanía a Los Lagos a 3.493.971 ha. En la Región de La Araucanía estas zonas aptas para las tres especies alcanzan 1.533.510 ha, mientras que para las Regiones de Los Ríos y Los Lagos el área total apta alcanza 1.920.461 ha.

La estimación de disponibilidad real de terrenos libres y aptos para las tres especies, en la Región de La Araucanía alcanza a 348.726 ha y en las de Los Ríos y Los Lagos a 631.516 ha. En el Cuadro N° 11 y Figura N° 18 se resume las diversas áreas aptas potenciales y disponibles por especie para las Regiones de La Araucanía y Los Ríos-Los Lagos (estudio realizado antes de la creación de la Región de Los Ríos, antes parte de X Los Lagos).

Las especies *Acacia melanoxylon* y *Acacia mearnsii* comparten sus requerimientos ecológicos con otras especies competidoras que ya ocupan estas zonas de crecimiento (*Pinus radiata* y *Eucalyptus* spp) en las Regiones de La Araucanía a Los Lagos.

Acacia dealbata en tanto, en las Regiones de Valparaíso a Bío Bío, encuentra una situación más favorable con amplia disponibilidad de terrenos libres, destacando por su condición de especie pionera, recuperadora de suelos degradados.

En este estudio se abordó el área entre La Araucanía y Los Ríos-Los Lagos, reconociendo que existe

un área potencial para las especies en las regiones al norte de las ya señaladas. Un ejemplo de ello se presenta en la Figura N° 18b, donde a través de un estudio previo de INFOR se estimó cartográficamente el área potencial para forestación con *Acacia dealbata* entre las Regiones de Valparaíso a Bío Bío¹⁰.

Cuadro N° 11
SUPERFICIE POTENCIAL Y DISPONIBLE PARA ACACIAS
REGIONES DE LA ARAUCANÍA A LOS LAGOS

REGIÓN	SUPERFICIE	
	POTENCIAL	DISPONIBLE
	(M ha)	
Total	3.453	979
La Araucanía	1.533	348
<i>Acacia melanoxylon</i>	425	0
<i>Acacia meamsii</i>	909	182
<i>Acacia dealbata</i>	239	166
Los Ríos y Los Lagos	1.920	631
<i>Acacia melanoxylon</i>	584	83
<i>Acacia meamsii</i>	598	63
<i>Acacia dealbata</i>	738	485

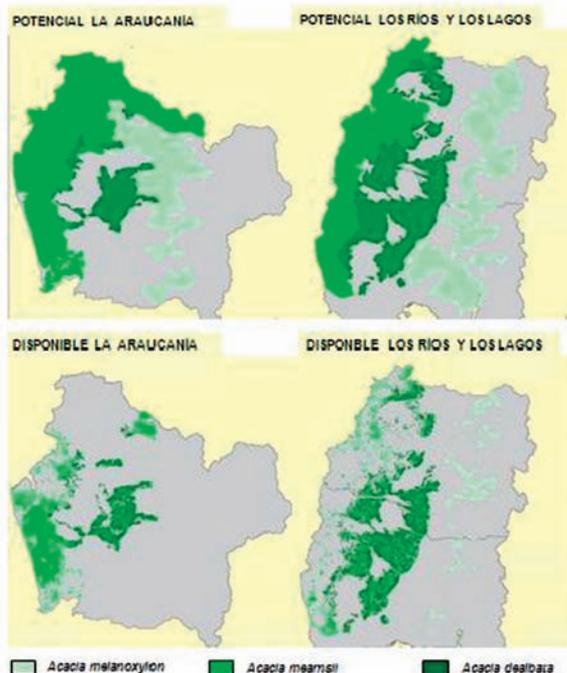


Figura N° 18a
AREA POTENCIAL Y DISPONIBLE PARA FORESTACIÓN CON ACACIAS

¹⁰ http://www.gestionforestal.cl:81/pt_02/plantaciones/map08-m.htm



Figura N° 18b
AREA POTENCIAL PARA FORESTACIÓN CON ACACIAS
Acacia dealbata Valparaíso a Bío Bío

IV. MEJORAMIENTO GENÉTICO

AMPLIACIÓN DE LA BASE GENÉTICA

La mantención de la varianza genética es la clave del mejoramiento. El éxito de un programa de mejoramiento depende de la disponibilidad de suficiente variabilidad genética en la población para así poder seleccionar en función de caracteres específicos. Depende también de la forma en que se ordena y estructura la población para desarrollar el programa a lo largo del tiempo, aspecto fundamental para diseñar la estrategia y llegar a definir los elementos estructurales del ciclo de mejoramiento. En este sentido, el mejorador no sólo actuará a través de la selección direccional, sino también estructurando las poblaciones para identificar y manejar la variabilidad.

En el caso de las especies del género *Acacia* que se cultivan en Chile, los esfuerzos de mejoramiento genético son relativamente recientes, aún cuando el estudio de las mismas cuenta con algunas décadas de desarrollo. El Instituto forestal consideró a estas especies en su Programa de Introducción de Especies desde los años 60 del siglo pasado, identificando a las especies más promisorias para las condiciones de sitio del país y, entre estas, a *Acacia dealbata*, que resulta una opción interesante para terrenos marginales para el cultivo de eucaliptos, apropiada para la recuperación de suelos degradados y un complemento potencial para la producción de pulpa; y a *A. melanoxylon*, que presenta un crecimiento y una calidad de madera que la hacen adecuada para la producción de madera aserrada de calidad reconocida mundialmente.

Posteriormente, a fines de los años 80, INFOR introduce en la zona central del país *Acacia mearnsii* o Blackwattle, como parte de las investigaciones realizadas en un proyecto sobre cortinas vegetales, esta especie muestra buenos resultados iniciales y se la incorpora al programa de investigación sobre acacias.

Los estudios se amplían, a partir de los 90, con el establecimiento de ensayos de procedencias y, posteriormente, con proyectos de masificación y difusión de las especies, así como con estudios de mejoramiento genético y de propiedades de la madera.

La implementación de una estrategia de mejoramiento genético se ha definido con anterioridad para especies de *Acacia* (Gutiérrez y Molina, 2005).

Los resultados de esta estrategia, de acuerdo a la primera base genética de las especies consideradas, permiten visualizar que será necesario aumentar la incorporación de genotipos a través de una población de infusión de modo de aumentar la intensidad de selección, requiriendo de un análisis BLUP para la definición de individuos o familias que pasarían a la segunda generación.

En el análisis de esta primera base genética se identifica para *A. dealbata* como la mejor procedencia, con diferencias significativas sobre las demás, la N° 5, descrita como 6-15 km SSE Snug de Tasmania (TAS), Australia, y para *A. melanoxylon* las procedencias King Island y Queenstown District. Esta última procedencia lamentablemente no se encontraba disponible cuando se adquirió una nueva colección de familias. En el caso de *A. melanoxylon* se observa que las procedencias del Estado de Queensland (QLD) no presentan una sobrevivencia adecuada en las áreas potenciales de plantación para la especie en Chile. Para ambas especies, las procedencias de Tasmania presentan mejores resultados. A una misma edad las variables de crecimiento obtenidas para ambas especies marcan claramente la diferencia en las rotaciones esperadas.

De la red de ensayos anteriores y de algunas otras plantaciones existentes se ha podido aislar ejemplares superiores, o árboles *plus*, y áreas productoras de semillas, para las tres especies. Esto ha permitido contar con semilla con un primer grado de mejoramiento para el establecimiento de nuevas unidades experimentales y demostrativas, y para proveer de material a interesados particulares. Como ejemplo, para la temporada 2009 se contaba con árboles *plus* y semillas según se indica en Cuadro N° 12.

Cuadro N° 12
ÁRBOLES PLUS Y DISPONIBILIDAD DE SEMILLAS

Especie	Árboles (N°)	Semilla (kg)
<i>Acacia mearnsii</i>	39	15,7
<i>Acacia dealbata</i>	25	11,6
<i>Acacia melanoxylon</i>	18	1,0
Total	82	28,2

Los proyectos anteriores sientan las bases para un programa de mejoramiento genético con las especies *Acacia melanoxylon*, *A. mearnsii* y *A. dealbata*, el cual se inicia a principios del nuevo siglo con el establecimiento de un conjunto de ensayos de procedencia/progenie entre las Regiones de Valparaíso y Los Lagos (Cuadro N° 13).

Cuadro N° 13
ENSAYOS PROCEDENCIA / PROGENIES ESTABLECIDOS PERÍODO 2000 - 2006

ENSAYO	ESPECIE	AÑO PLANTACIÓN (Año)	FAMILIAS (N°)	REGIÓN / LUGAR	PROPIETARIO
San Antonio de Elocoyan	<i>Acacia dealbata</i>	2000	41 Australianas 1 Nacional	La Araucanía Loncoche	Empresas Fourcade
Alhuelmanque	<i>Acacia melanoxylon</i>	2000	83 Australianas 1 Nacional	Los Ríos Lanco	Forestal Naltahue
El Embudo (Sector 42)	<i>Acacia mearnsii</i>	2005	83 Australianas 21 Nacionales	Maule Retiro	CAF El Álamo
La Esperanza	<i>Acacia melanoxylon</i>	2005	32 Australianas 3 Nacionales	La Araucanía Traiguén	Liceo Agrícola y Forestal Suiza La Providencia
Santa Marta	<i>Acacia dealbata</i> <i>Acacia mearnsii</i>	2005	40 Nacionales 60 Nacionales	Valparaíso Longotoma	Agrícola Las Loicas
Osomo	<i>Acacia mearnsii</i>	2006	38 Nacionales	Los Lagos Osomo	Forestal ANCHILE
Los Tralpenes	<i>Acacia dealbata</i> <i>Acacia mearnsii</i> <i>Acacia melanoxylon</i>	2006	1 Australiana 25 Nacionales 2 Australianas 38 Nacionales 1 Australiana 24 Nacionales	Bio Bio Nacimiento	Forestal Mininco

Los ensayos de San Antonio de Elocoyán, con *Acacia dealbata*, y Alhuelmanque, con *Acacia melanoxylon* serán utilizados para establecer la segunda generación de mejoramiento genético de las especie. Los restantes ensayos de progenies, establecidos entre los años 2005 y 2006, serán utilizados para la producción de material de infusión, es decir como nuevo material genético que permitirá ampliar la base genética, con mayor diversidad y nuevos genes, y de ese modo contribuir a evitar la consanguinidad entre los individuos. Todos estos ensayos se encuentran aún en evaluación. El material de infusión también corresponde a material seleccionado, será evaluado durante la ejecución del proyecto y con esta información se procederá a seleccionar individuos de acuerdo a procedimientos habituales utilizados en la genética cuantitativa.

PROPAGACIÓN VEGETATIVA

Las ganancias genéticas que progresivamente se obtienen en programas de mejoramiento carecen de valor y utilidad práctica si el material mejorado no puede ser multiplicado a escala operativa para ser empleado en plantaciones masivas.

La vía sexuada de reproducción de ejemplares superiores, como los árboles *plus*, genera un primer grado de mejoramiento, que en promedio es superior al que se obtendría de semillas sin esta selección previa. Las plantaciones de individuos generados a partir de semillas de familias seleccionadas, traspasan sólo una proporción de la superioridad de sus padres, específicamente aquella correspondiente a la varianza genética aditiva.

Para obtener ganancias genéticas, en cada generación se debe esperar el desarrollo de los árboles para evaluarlos y que empiece la producción de semillas para efectuar una nueva selección. Esto se puede acelerar mediante la injertación del árbol seleccionado y con sus copias (rametos) establecer un Huerto Semillero Clonal, donde la generación de semillas es más rápida, y la ganancia genética será mayor si estos huertos están aislados de polinización externa y se practica la polinización dirigida. Sin embargo, la recombinación genética de caracteres dominantes y recesivos impide la transmisión completa de las ganancias genéticas obtenidas en cada generación.

En este sentido, la propagación vegetativa, puede ser utilizada para transferir y masificar las ganancias genéticas obtenidas en los ciclos de mejora a plantaciones comerciales (Kleinschmit *et al.*, 1993). La propagación asexual, permite transferir toda la varianza genética a los descendientes, duplicando la ganancia genética asociada a los esquemas sexuales de propagación, ya que aprovecha toda la varianza genética existente (Ikemori *et al.*, 1994; Kleinschmit *et al.*, 1993; Talbert *et al.*, 1993).

En la actualidad, la propagación vegetativa, aplicada a través de la macropropagación y micropropagación, es considerada un componente esencial en muchos programas de mejora genética de empresas forestales en diversos países y ha sido utilizada con el propósito de optimizar la captura y el envío de las ganancias genéticas (aditivas y no aditivas) desde los programas de mejora a las plantaciones y, por sobretodo, agregar valor a la madera (Menzies, 1992, MacRae y Cotteril, 1997).

Para las especies forestales de mayor importancia en las plantaciones del país, como *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*, se han desarrollado técnicas asexuadas de propagación, como estacas y microestacas (cuttings y microcuttings), y procedimientos de micropropagación, como organogénesis y embriogénesis. En la actualidad, el pino radiata es propagado en gran parte por micropropagación (cultivo de tejidos) y macropropagación (enraizamiento de estacas o de cutting), en cambio la clonación de los eucaliptos es a escala mucho menor, debido principalmente a condiciones de la especie.

En el caso de las acacias, desde los inicios de la investigación de estas especies en el país se han desarrollado y difundido técnicas de producción de plantas en viveros, incluyendo tratamientos pregerminativos a las semillas, nutrición y aspectos sanitarios (Pinilla *et al.*, 2005), complementariamente se ha iniciado un programa de mejoramiento, donde se han seleccionado individuos de probada superioridad y se han desarrollado estudios para su propagación vegetativa, con el el objetivo de aprovechar las ventajas productivas asociadas a los esquemas de silvicultura clonal.

Las técnicas de propagación vegetativa deben ser adecuadas para cada especie, algunas son de muy fácil propagación asexual y otras no lo son tanto, razón por la que se reunió información para las tres especies en estudio y se iniciaron los ensayos de diversas técnicas para su propagación, abordándose la micropropagación vía organogénesis de árboles selectos de *Acacia dealbata*, *A. mearnsii* y *A. melanoxylon*, con el objetivo de generar plantas rejuvenecidas (plantas madres), de donde es posible extraer propágulos adecuados para combinar con procedimientos de macropropagación o enraizamiento de estacas.

A continuación se revisarán los principales antecedentes de micropropagación de las tres especies de acacia, metodologías desarrolladas y los principales resultados obtenidos en las técnicas de micropropagación y macropropagación.

Micropropagación

Los beneficios potenciales de la aplicación de las técnicas de micropropagación a un programa de mejoramiento se refieren a la alta tasa de multiplicación que es posible obtener en un corto período (Carson *et al.*, 1992 y Haines, 1992), en el caso de árboles adultos para revertir y mantener su juvenilidad fisiológica (McComb y Bennet, 1986), y la generación de plantas madres en óptimas condiciones fisiológicas y sanitarias para la producción de estaquillas en programas de macropropagación.

Las técnicas de micropropagación que usualmente han sido aplicadas en especies forestales son la organogénesis y embriogénesis somática (Ahuja 1997, Haines 1992, Thorpe *et al.*, 1991). Estas técnicas se han utilizado también en la manipulación de estados de maduración, conservación de germoplasma e ingeniería genética de plantas (Libby y Ahuja, 1993).

La organogénesis implica la diferenciación monopolar de un órgano (brotes o raíces) para dar origen a una planta bajo condiciones estériles de laboratorio. Usualmente esta diferenciación monopolar ocurre al colocar un explante (brote) en un medio nutritivo enriquecido con sustancias hormonales (citocininas/auxinas). Los cultivos son mantenidos durante todo el proceso de multiplicación en ambientes controlados con iluminación artificial, fotoperíodo y temperatura. Cuando los brotes alcanzan un tamaño adecuado se colocan en un medio con auxinas para inducir enraizamiento. El proceso es influenciado por el genotipo, estado fisiológico del explante, edad y condiciones in vitro de luz, temperatura y constitución del medio nutritivo en especial de las concentraciones hormonales (Ahuja, 1993).

En el caso del género *Acacia*, la literatura señala que *Acacia magnium*, *A. auriculiformis* e híbridos de ambas, son las especies donde más se ha estudiado la propagación in vitro, especialmente la micropropagación de material juvenil, utilizando como explantes iniciales segmentos nodales y apicales de plántulas recién germinadas o de muy corta edad (Crawford y Hartney, 1987; Mittal *et al.*, 1989; Hamzah *et al.*, 1989; Rajaduray *et al.*, 1989; Semsuntud y Nitiwattanachai, 1991; Darus and Darus, 1991; Galiana *et al.*, 1991; Saito *et al.*, 1993; Ide *et al.*, 1994 y Bon *et al.*, 1998). Sin embargo, desde el punto de vista productivo no tiene mucho sentido propagar este tipo de material, debido a que no existe

certeza de su calidad genética como tampoco de su comportamiento en terreno; estos estudios son útiles para identificar medios nutritivos y evaluar el potencial de proliferación de la especie.

En este sentido la condición ideal es la micropropagación de material élite de comprobada calidad genética, la que lógicamente sólo es posible evaluar cuando los árboles han crecido y manifestado todo su potencial productivo. Sin embargo, en esta etapa los tejidos vegetales presentan una condición fisiológica distinta que generalmente dificulta el proceso de organogénesis y corresponde a lo que se denomina material adulto, prueba de ello es el caso *Acacia mangium*, para la que, no obstante ser la acacia más estudiada, se encontró sólo un reporte de micropropagación de árboles adultos (Galiana *et al.*, 1998).

En general, los reportes de micropropagación para las especies de acacia estudiadas por INFOR (*A. mearnsii*, *A. dealbata* y *A. melanoxylon*) son relativamente escasos. En las primeras experiencias de INFOR no se encontraron mayores dificultades para micropropagar material juvenil (semillas germinadas *in vitro*), pero no ocurrió lo mismo en el caso de material adulto, coincidiendo con los estudios de Beck *et al.*, 1998 y 2000; Quoirin *et al.*, 2001).

De Fossard *et al.* (1977) indican que la desinfección de brotes de árboles adultos colectados directamente en terreno es difícil debido a la gran cantidad de contaminación, tanto exógena como endógena, presente en este material. Similar antecedente entregan Le Roux and Van Staden (1991), quienes mencionan que es virtualmente imposible esterilizar este material sin dañar severamente los tejidos de los explantes iniciales.

En el marco de la micropropagación de acacias estudiadas por INFOR, se realizó un intenso trabajo que se concentró en la búsqueda de una metodología que posibilitará la introducción del material adulto a condiciones de cultivo *in vitro*. Para ello se trabajó con material juvenil y adulto de las tres especies, y se ensayó una variada gama de explantes iniciales; brotes juveniles, segmentos nodales y brotes epicórmicos, combinados con diferentes tratamientos de desinfección, medios nutritivos, tipos y dosis de hormonas. A continuación se entregan los principales antecedentes de micropropagación para las tres especies de acacias estudiadas y se describen en forma separada para material juvenil y adulto los principales resultados obtenidos a la fecha. Cabe destacar que la micropropagación aún se encuentra en desarrollo, especialmente en las especies *A. mearnsii* y *A. dealbata*, no obstante se han logrado importantes avances en la etapa de establecimiento de cultivos. En el caso de *A. melanoxylon* se ha logrado completar el protocolo hasta la fase final de producción de vitroplantas. Adicionalmente, se describe el acondicionamiento de vitroplantas, para la conformación de setos o plantas madres donadoras de propágulos en el programa de macropropagación.

Antecedentes de Micropropagación según Especie

- *Acacia mearnsii*

En el caso de *Acacia mearnsii*, los principales estudios se han efectuado en Sudáfrica (Beck *et al.*, 1998 y 2000) y en Brasil (Quoirin *et al.*, 2001). Ambos estudios coinciden en la dificultad para establecer cultivos de árboles adultos debido a la contaminación de los explantes, especialmente cuando estos provienen de la copa del árbol. No obstante, se ha logrado iniciar cultivos a través de material obtenido de rebrotes de tocón (Beck *et al.*, 1998) y a través del cultivo de meristemas (Beck *et al.*, 2000).

El estudio de Beck *et al.* (1998) emplea árboles de 5 grupos de edad (2, 4, 6, 8 y 10 años), los cuales fueron cortados a 1,5 m de altura para la obtención de rebrotes de tocón, luego de tres semanas

se produjo el desarrollo de los brotes, siendo la intensidad de brotación mayor en el grupo de árboles más jóvenes (2 años) y bastante menor en los árboles de 10 años. El material obtenido, pudo ser desinfectado y multiplicado *in vitro*, aunque no se señala la producción de vitroplantas.

Quoirin *et al.* (2001), realizaron cultivos de material juvenil a partir de plántulas de corta edad, observando el desarrollo de brotes axilares luego de 30 a 45 días. Además, evaluaron el comportamiento de tres tipos de explantes de material adulto; segmentos nodales, yemas y meristemas y el efecto de diferentes concentraciones de hipoclorito de sodio y cloruro de mercurio. No se logró la desinfección de los segmentos nodales, sin embargo en yemas y meristemas la inmersión en una solución de 0,1% de HgCl₂ durante 15 minutos redujo la contaminación a menos del 10%. Las yemas desarrollaron brotes axilares en presencia de 0,2 mg/L de NAA y 0,1 mg/L de BAP, en tanto que los meristemas no respondieron a las condiciones de cultivo. En otro estudio efectuado por Beck *et al.* (2000), se logró obtener explantes rejuvenecidos originados de meristemas, bajo condiciones de luz y oscuridad, con los medios MS (Murashige y Skoog, 1962) reducidos a la mitad y WPM, suplementados con 2 mg/L de BAP, aunque no se señala la producción de vitroplantas.

- *Acacia dealbata*.

Para *Acacia dealbata* no se encontraron publicaciones sobre micropropagación de árboles adultos. Estopà (2005) la clasifica entre las especies difíciles de micropropagar o recalcitrante al cultivo de material adulto. Sin embargo, un estudio de poliploides (Blakesley, 2002) aborda indirectamente la micropropagación de material juvenil ya que ésta constituye su plataforma de generación y propagación.

- *Acacia melanoxylon*.

Jones y Smith (1988) establecieron cultivos *in vitro* utilizando segmentos nodales de estacas enraizadas en vivero obtenidas de rebrotes de tocón de un árbol adulto. Los explantes inicialmente desarrollaron brotes axilares, cuyas hojas mostraban una morfología de estado adulto (filodios), que al cabo de un tiempo se caían dejando un tallo inadecuado para el enraizamiento. La adición de reguladores de crecimiento al medio de cultivo, especialmente de citocininas, mejoró el crecimiento de los brotes axilares y disminuyó la clorosis de las hojas. Jones (1986) menciona que el material juvenil crece bien en cultivos *in vitro*, con buenas tasas de multiplicación e incluso enraizamiento espontáneo. Las plantas micropropagadas tampoco presentaron problemas en la etapa de aclimatación y posterior crecimiento en vivero.

INFOR (Ortiz *et al.*, 2006) desarrolló una metodología que permite la propagación *in vitro* de árboles adultos de *Acacia melanoxylon* utilizando brotes epicórmicos como material de inicio de cultivo. Cabe destacar que esta es una metodología que no había sido reportada para especies de acacias y que tiene la ventaja de ser un método no destructivo del árbol original, como sucede con el empleo de rebrotes de tocón, y además es un procedimiento más fácil de implementar que el cultivo de meristemas.

Micropropagación a Partir de Material Juvenil

Para las tres especies de acacias se hicieron germinar *in vitro* semillas colectadas de los árboles plus. Para ello las semillas fueron remojadas en ácido sulfúrico y luego desinfectadas con fungicidas, alcohol e hipoclorito de sodio. El cultivo se realizó en el medio MS modificado en su concentración de macronutrientes, sin reguladores de crecimiento. Previo al cultivo se removió la testa de la semilla. La multiplicación de brotes se realizó en el medio MS, adicionando distintas hormonas vegetales reguladoras

del crecimiento (citocininas y auxinas).

La germinación generalmente ocurrió luego de tres semanas de iniciado el cultivo, los porcentajes de contaminación fueron bastantes bajos, no superando el 10%, en tanto que el porcentaje de germinación fue variable, dependiendo del grado de madurez y de las condiciones de procesamiento y almacenamiento de las semillas. Respecto del cultivo *in vitro*, no se observó diferencias entre las tres especies de acacias, los brotes mostraban un desarrollo vigoroso, sin vitrificación, de morfología normal y buena coloración; los cultivos no mostraron procesos de oxidación tampoco de necrosis, la tasa de multiplicación fue alta y además en algunos casos se observó enraizamiento espontáneo de brotes. En la Figura N° 19 se muestran los cultivos obtenidos de material juvenil, de las tres especies de acacia.

En general la utilización de semilla para la generación de material *in vitro* cumple la función de ser un tratamiento testigo con respecto a la aplicación de otros protocolos de cultivo de tejido. La probabilidad de éxito utilizando como material inicial semillas es bastante alta debido al mayor grado de juvenilidad del sus tejidos.



Cultivo de semillas *in vitro*



Explantos de material juvenil en multiplicación.

Figura N° 19

CULTIVOS OBTENIDOS DE MATERIAL JUVENIL

Micropropagación a Partir de Material Adulto

- Segmentos Nodales y Apicales

Inicialmente se contempló el establecimiento de los cultivos a partir de brotes colectados directamente de la copa del árbol. Para ello se realizaron colectas de material de los árboles plus en distintas épocas del año. Este material fue recepcionado en laboratorio y posteriormente desinfectado para su cultivo *in vitro*, empleando para este fin productos fungicidas, bactericidas, antibióticos e hipoclorito de sodio, en distintas combinaciones y concentraciones. Los brotes seccionados en segmentos nodales y apicales fueron cultivados empleando como medio base distintas composiciones de los elementos del medio MS, junto a distintos tipos y concentraciones de hormonas, agar y sacarosa.

Aún cuando se realizaron numerosos ensayos, el resultado fue siempre el mismo para las tres especies de acacias, contaminación cercana al 100% y necrosis de los explantes junto a una intensa oxidación del medio de cultivo.

Según Beck *et al.* (1998) y Quoirin *et al.* (2001) los brotes colectados en terreno naturalmente contienen niveles elevados tanto de contaminación exógena como endógena, lo que sumado a la excesiva pilosidad de sus brotes (Figura N° 20) que actúa como una barrera a la acción del agente desinfectante, hacen inviable el inicio de cultivos a través de esta metodología.

Lo anterior obligó a desarrollar una etapa previa para identificar un procedimiento alternativo, para el establecimiento de los explantes a partir de material adulto.



Figura N° 20
PILOSIDAD DE BROTES DE CULTIVOS DE SEGMENTOS NODALES

- Brotes Epicórmicos

Este es un procedimiento implementado para permitir la generación de explantes iniciales adecuados para el establecimiento de cultivos, tanto desde el punto de vista de la asepsia como de su condición fisiológica.

Para ello, se colectaron trozos de ramas de los árboles seleccionados de entre 1 a 4 cm de diámetro y 30 cm de longitud. Este material fue lavado con detergente líquido (Quix®), colocado en frascos con perlita y agua previamente esterilizados y llevado a una sala acondicionada para estimular la formación de brotes epicórmicos. Las condiciones ambientales fueron 22° C de temperatura, humedad relativa sobre 80% y fotoperíodo de 16 horas luz.

Los brotes epicórmicos obtenidos fueron seccionados en segmentos nodales y apicales de 1 a 2 cm, que tuvieran al menos un punto de crecimiento. La esterilización fue realizada con hipoclorito de sodio (NaOCl) al 10% (v/v) por 10 minutos, seguida de cuatro enjuagues de 10 minutos cada uno, con agua destilada estéril.

El cultivo fue realizado en el medio nutritivo MS, complementado con 0,1 mg/L de tiamina, 0,1 mg/L de piridoxina, 0,5 mg/L de ácido nicotínico, 100 mg/L de m-inositol, 6 g/L de agar y 3% de sacarosa. En el caso de *A. melanoxylon* el medio nutritivo fue adicionado con 1µM de BAP y 0,01 µM de ANA, en tanto a los medios de *A. mearnsii* y *A. dealbata* se les complementó con 5 µM de BAP y 0,01 µM de ANA.

La emergencia de brotes epicórmicos desde los trozos de ramas, se registró entre 4 a 6 semanas desde que éstos fueron colocados en un ambiente de alta humedad y ocurrió en las tres especies de acacia estudiadas (Figura N° 22).



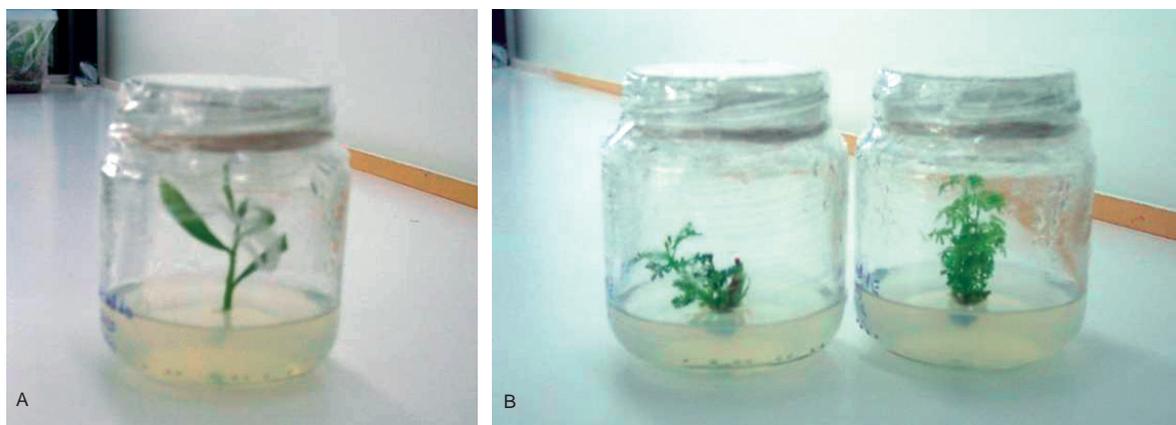
Figura N° 22
GENERACIÓN DE BROTES EPICÓRMICOS EN TEJIDO ADULTO DE *Acacia melanoxylon*

Los brotes epicórmicos se desarrollan desde yemas que se ubican bajo la corteza cuando el árbol crece. Estas yemas están provistas de tejidos meristemáticos con capacidad para regenerar nuevos brotes (Yara, 1987) y los brotes siempre se desarrollan en la zona inferior de los nudos de las ramas. En la Figura N° 22 se muestra como ocurre la emergencia de los brotes epicórmicos, en material colectado desde los árboles *plus* del proyecto. Generalmente, y particularmente en *Eucalyptus globulus*, los brotes epicórmicos presentan una morfología que se asocia a un estado de juvenilidad de los tejidos, lo cual los hace especialmente adecuados para la micropropagación, ya que es un material vigoroso que posee muchas de las propiedades del material juvenil. Según Ikemori (1983) y Yashoda *et al.* (1987) su utilización puede realzar la multiplicación y enraizamiento *in vitro*, en micropropagación de árboles adultos.

En el caso de *Acacia mearnsii* y *A. dealbata*, a diferencia de *Eucalyptus globulus*, no existen diferencias morfológicas entre plantas juveniles y adultas, por lo que no es posible determinar su grado de juvenilidad en base a este parámetro. Diferente es el caso de *Acacia melanoxylon*, donde el cambio de folíolos a filodios es característico de esta especie y un claro indicador del grado de juvenilidad de los tejidos.

Se obtuvieron brotes epicórmicos aproximadamente en el 80% de los árboles superiores. La frecuencia de brotación a nivel de clon, varió entre 20 a 100%, dependiendo de la homogeneidad y calidad de las secciones de ramas colectadas. Desde cada trozo de rama se generaron entre 1 a 10 brotes, que podían crecer hasta 12 cm de longitud y la emergencia de nuevos brotes continuó por aproximadamente cuatro semanas, luego del primer corte. La contaminación promedio de los cultivos fue de 16,1%, principalmente del tipo bacteriana, indicando una buena calidad del material inicial en cuanto a sus condiciones de asepsia (Ortiz *et al.*, 2006). Una de las ventajas teóricas del material vegetal producido bajo condiciones controladas, es que facilita el establecimiento de cultivos libres de contaminación (Hernández *et al.*, 2003).

El desarrollo de esta técnica finalmente permitió el inicio de los cultivos y, aún cuando los brotes epicórmicos son un excelente material para el cultivo *in vitro*, las fases posteriores de inducción y multiplicación de brotes no ocurrieron tan rápido como se esperaba. En el caso de *Acacia melanoxylon*, los explantes establecidos respondieron al medio de inducción mostrando brotación *in vitro* con formación de filodios. Luego de cuatro meses de cultivo, los brotes comenzaron a formar hojas bipinnadas juveniles, como las mostradas en la Figura N° 23. Según Brodribb y Hill (1993), los filodios le confieren a la especie una mayor resistencia tanto a períodos cortos como largos de estrés hídrico, mientras que la función de las hojas bipinnadas sería maximizar el crecimiento durante la fase de plántula.



A. Explante inicial con filodios
B. Mismo explante subdividido, exhibiendo hojas bipinnadas juveniles, después 4 meses en cultivo

Figura N° 23 ESTABLECIMIENTO DE CULTIVOS IN VITRO DE *Acacia melanoxylon* EVOLUCIÓN DE MATERIAL ADULTO A JUVENIL

Lo anterior implica que el período de tiempo requerido para lograr el rejuvenecimiento del material y alcanzar buenas tasas de multiplicación es de al menos un año.

Con el uso de esta técnica se logró establecer en cultivo 5 clones de *A. melanoxylon*, 5 clones de *A. dealbata* y 13 clones de *A. mearnsii*. En *A. melanoxylon* se logró establecer un protocolo completo de micropropagación (Ortiz *et al.*, 2006), incluyendo la aclimatación de vitroplantas en vivero. En el caso de las otras dos especies, aún resta completar las fases posteriores de multiplicación y enraizamiento de explantes.

Los clones micropropagados de *A. melanoxylon*, se conservan en un banco de germoplasma (Figura N° 24), en el Laboratorio de Micropropagación de INFOR. Actualmente, el material *in vitro* de estos clones

se está utilizando para generar vitroplantas, que posteriormente se acondicionan como plantas madres para la producción de estacas que se someten a un proceso de enraizamiento. Las plantas clonadas de esta manera serán establecidas en ensayos y plantaciones clonales. De acuerdo a los resultados obtenidos, se estima que el uso combinado de las técnicas de macro y micropropagación, permitirán la producción a escala masiva de plantas de alto valor genético y de esta forma aprovechar las ventajas productivas asociadas a la silvicultura clonal de especies forestales.



Figura N° 24
BANCO DE GERMOPLASMA *IN VITRO* DE ÁRBOLES SUPERIORES DE *Acacia melanoxylon*
MANTENIDO EN EL LABORATORIO DE MICROPROPAGACIÓN DE INFOR

- Conformación y Acondicionamiento de Plantas Madres

Cómo de mencionó anteriormente, se utilizaron los clones establecidos *in vitro* (Figura 25) para la producción de vitroplantas, el procedimiento de enraizamiento y aclimatación de plantas, se realizó de acuerdo al protocolo de micropropagación establecido para la especie (Ortiz *et al.*, 2006).



Figura N° 25
MULTIPLICACIÓN DEL CLON SANTA JUANA MEL 1

El acondicionamiento realizado contempló varios aspectos del manejo, que favorecen un rápido y vigoroso crecimiento vegetativo. De acuerdo a estas consideraciones, las plantas fueron trasplantadas a

macetas de 1.000 cc de volumen, que contenían un sustrato compuesto de corteza de pino compostada, adicionada con el fertilizante Osmocote 15-9-12, en una dosis de 5 kg/m³, durante el período de crecimiento permanecieron bajo invernadero. Se logró producir plantas que, al cabo de cuatro meses de crecimiento, presentaban un estado de desarrollo y brotes adecuados para ser utilizados en las actividades de estaquillado (Figura N° 26).

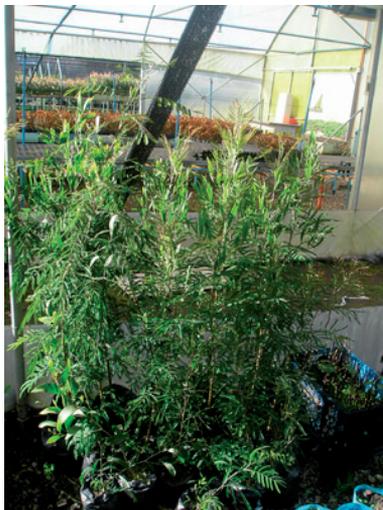


Figura N° 26
PLANTAS MICROPROPAGADAS DE ÁRBOLES SUPERIORES DE *Acacia melanoxylon*
ACONDICIONADAS COMO PROPÁGALOS O PLANTAS MADRES PARA EL PROGRAMA DE
ESTAQUILLADO

Macropropagación

Como un medio para obtener la masificación del material seleccionado se probaron técnicas de injertación y de propagación por estacas.

- Injertación

Respecto de la propagación por injerto, es posible concluir que este tipo de técnica no es la apropiada para las especies, dado que la supervivencia con esta técnica fue menor al 5%.



Figura N° 27
INJERTOS DE *Acacia dealbata*

En la temporada de injertación, se realizaron 481 injertos, 222 de *Acacia dealbata*, 130 de *A. mearnsii*, y 129 de *A. melanoxylon*. Los promedios de supervivencia variaron entre 2,2%, 10,7% y 0,9% respectivamente para cada especie, resultados bastante insatisfactorios de acuerdo a las expectativas. Por este motivo se propuso la utilización de otra técnica de clonación (enraizamiento de estacas), ya sea para el resguardo de germoplasma o bien para el establecimiento de huertos clonales para la producción de semillas. No existen reportes de otros investigadores para la injertación de estas especies por lo cual no es posible discutir estos resultados.

- Propagación por Estacas (enraizamiento de estacas)

Con el objetivo de no cortar los ejemplares seleccionados, se empleó estacas de tejido adulto obtenidas de ápices y brotes de diferentes partes de árboles selectos ubicados en diferentes ensayos de INFOR y rodales de particulares. Los resultados obtenidos dejan en evidencia que este material utilizado inicialmente no tiene el rejuvenecimiento apropiado para la consecución de un enraizamiento exitoso, lográndose cifras no superiores al 10%.

Este método podría ser útil para generar plantas madres para la producción de estacas o *cuttings*, pero no es apropiado para la producción directa de plantas clonadas, dadas las bajas tasas de enraizamiento.

Un método habitual de rejuvenecimiento es la corta de los individuos para provocar el rebrote desde tocones y raíces, y de estos obtener las estacas para propagación (Figura N° 28). Sin embargo, si bien las acacias en general rebrotan bien desde los tocones y raíces, lo que asegura el establecimiento de un monte bajo, no permiten una sostenida y permanente extracción de estacas, dado que los tocones en un par de años empiezan a morir debido a la oxidación que se produce por el alto contenido de taninos en los tejidos de estas especies, principalmente en la corteza.

En consecuencia, la obtención de material para reproducción clonal, por estacas desde rebrotes de tocón de árboles superiores, si bien presenta mejores tasas de enraizamiento que las obtenidas con el primer método (cerca al 50%), tiene también cierta limitación para una producción masiva de material para plantación, debido a que se requeriría un gran número de setos o plantas madres para la producción de material vegetativo de reproducción.

La técnica del enraizamiento de estacas tiene la gran ventaja que los costos de producción suelen ser bastante menores que el uso de técnicas como el cultivo de tejidos, que se asocia a una infraestructura y especialización del personal de mayor complejidad y costo. Por este motivo esta técnica no debe ser descartada, pero es necesario generar material de reproducción (plantas madres) de mejor calidad.



Figura N° 28
REBROTOS DE TOCÓN DE ACACIA PARA ESTAQUILLADO

En la Figura N° 29 se puede apreciar el tipo de estaca que se estableció en invernadero de condiciones controladas y el sistema radicular que desarrollan las estacas enraizadas utilizando como material de origen rebrotos de tocón.



Figura N° 29
ESTACAS PROVENIENTES DE REBROTE DE TOCÓN Y DESARROLLO RADICULAR

- Protocolo de Estaquillado de Rebrotos de Tocón

Extracción a partir de brotes extraídos desde rebrotos de tocón y brotes radiculares de árboles selectos con tijeras de podar en buen estado

Selección de brotes de buen desarrollo, adecuada pigmentación clorofílica, sin evidencias de daños y de consistencia ligeramente flexible, evitando elementos demasiados herbáceos, muy lignificados o con demasiada ramificación axilar.

Seccionamiento de los brotes en segmentos de tallo de 4 a 5 cm. de longitud con un par de hojas sanas y un diámetro no inferior a 2 mm, privilegiando segmentos basales y medios del brote y descartando los apicales, que generalmente enraizan en menor proporción.

Corte basal de cada estaca en forma oblicua, para aumentar la superficie de contacto con la hormona y ofrecer un mayor perímetro para la distribución de las raíces, y corte superior recto.

Corte de las hojas en forma transversal a la mitad para reducir la transpiración y evitar que una vez establecidas se traslapen creando condiciones de escasa ventilación y exceso de humedad que favorecen la proliferación de hongos.

Colocación de las estacas obtenidas en un recipiente con solución fungicida (Benlate 0,5 g/L).

Finalmente y manteniendo la identificación del clon, aplicar el tratamiento hormonal y establecer las estacas en los contenedores dentro del invernadero.

- Establecimiento de las Estacas

Las estacas son sometidas a un tratamiento hormonal mediante auxinas exógenas para mejorar su respuesta rizogénica. Para estos efectos existen diversas alternativas, recomendándose la inserción de la base de las estacas en una mezcla de ácido indolbutírico (AIB) con polvo talco en una proporción de 5.000 ppm.

Una vez aplicado el tratamiento hormonal las estacas se deben insertar en contenedores previamente preparados con el sustrato a utilizar. Respecto al sustrato también existen diversas alternativas que resultan apropiadas; mezclas en distintas proporciones de turba, vermiculita y perlita son señalados en la bibliografía como sustratos adecuados para el enraizamiento. En el caso de la turba se recomienda utilizar con arena rubia en una proporción de 1:1, lo que permite una excelente aireación y sostén mecánico para la futura planta.

En cuanto a los contenedores, estos deben tener un volumen superior a 100 cc y se pueden utilizar por ejemplo bandejas de poliestireno expandido (*speedlings*) con 84 cavidades y cada una de 135 cc.

Las estacas tratadas con auxina se instalan en el sustrato húmedo de los contenedores, para lo cual resulta práctico efectuar previamente un agujero de diámetro similar al de la estaca, dentro del cual se inserta la base de esta y se procede a comprimir para evitar que queden bolsas de aire (Figura N° 30).

Establecida la estaca en el sustrato, se sellan todos los cortes de las hojas y del extremo apical de la estaca con látex fungicida (Podexal o una mezcla de Podalatex con Euparen a razón de 2g/L) y se instalan en el invernadero. Esta medida es de carácter preventivo, observándose que cuando hay un correcto manejo sanitario durante el proceso de enraizamiento esta no tiene ninguna incidencia relevante y se puede prescindir de ella.

El enraizamiento debería verificarse entre las 6 y 8 semanas, sin embargo en la mayoría de las estacas la mortalidad se evidencia antes del primer mes.



Inmersión estaca en solución fungicida



Aplicación hormona



Establecimiento en sustrato



Estacas establecidas en invernadero

Figura N° 30
ESTABLECIMIENTO DE ESTACAS

Durante este período las condiciones adecuadas de invernadero deben ser:

Humedad relativa alta superior al 70 %.

Temperatura ambiental de 22 a 24 °C.

Idealmente se debe proporcionar calor adicional a la base de las estacas, de modo que exista una diferencia de temperatura de entre 2 y 3 °C entre el ambiente y el sustrato (camas calientes).

Las condiciones ambientales del enraizamiento (alta temperatura y humedad) son favorables para la proliferación de hongos. Por esta razón, se deben realizar aplicaciones preventivas de soluciones fungicidas. Estas se efectúan dos veces por semana en dosis preventivas y alternando distintos productos para evitar que se desarrollen cepas resistentes a un producto en particular. Algunos productos recomendados y sus respectivas dosis son: Benlate (0,6 g/L), Roural (1 g/L), Captan (1 g/L) y Euparén (2 g/L).

Considerando que durante las primeras etapas las estacas aún no forman raíces, se debe aplicar fertilización foliar para mejorar su supervivencia y rizogénesis. Existen distintas alternativas de productos, entre ellas el Bayfolán foliar a razón de 2cc/L, aplicado en forma semanal.

Durante el período de enraizamiento es normal que algunas estacas pierdan las hojas, por lo cual se deben remover periódicamente las hojas muertas desde la superficie del sustrato, para evitar que sean

colonizadas por hongos que puedan aumentar su virulencia y afectar a las estacas vivas.

Una vez enraizadas, las estacas deben manejarse en vivero como una planta convencional, hasta que alcancen el estado apropiado para ser despachada a terreno para plantación.

Alternativamente, las estacas enraizadas pueden constituirse en plantas madres productoras de material rejuvenecido de modo de masificar clonalmente los árboles seleccionados. Para ello estas plantas deben traspasarse a una maceta de mayor capacidad volumétrica. Durante el repique tienen que tomarse las precauciones necesarias para minimizar el daño a las raíces. Esta labor deberá hacerse a la sombra, procurando que las raíces queden bien extendidas y sin bolsas de aire.

- Resultados Obtenidos

El enraizamiento de estacas obtenidas desde rebrotes de tocón de árboles superiores, fue muy variable fluctuando entre 0 a 84% (Figuras N° 31 y N° 32), dependiendo del clon. Influyen en este resultado, el grado de lignificación de los tejidos, edad del tocón, condiciones de transporte, aspectos genéticos y muchos otros. No obstante, lo importante en esta fase del programa de estaquillado es obtener al menos una copia del clon, ya que a partir de ésta se puede volver a multiplicar el material e iniciar una fase de enraizamiento sucesivo, hasta obtener el número de plantas deseado.

Los rebrotes de tocón se asocian a tejidos fisiológicamente juveniles, lo cual generalmente les confiere una alta aptitud o facilidad para la rizogénesis. Sin embargo, este tipo de retoñación es más bien escasa. El método desarrollado puede constituir una vía rápida y eficiente para la clonación, que complementaría las actividades de micropropagación.

Hasta ahora se ha logrado obtener copias de 9 clones a través de esta metodología, la identificación de los clones se muestra en el Cuadro N° 15.

Cuadro N° 15
ÁRBOLES SUPERIORES DE ACACIA, CLONADOS MEDIANTE ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS
OBTENIDAS DE REBROTE DE TOCÓN.

Especie	Clon
<i>Acacia dealbata</i>	Antiquina 1
<i>Acacia dealbata</i>	Antiquina 3
<i>Acacia dealbata</i>	Antiquina 5
<i>Acacia dealbata</i>	Antiquina 6
<i>Acacia dealbata</i>	San Juan 10
<i>Acacia mearnsii</i>	Antiquina 1
<i>Acacia mearnsii</i>	San Antonio de Cuda 3
<i>Acacia mearnsii</i>	San Antonio de Cuda 8
<i>Acacia melanoxydon</i>	Antiquina 1



Figura N° 31
DESARROLLO DE PLANTAS PROVENIENTES DE ESTACAS



Figura N° 32
ESTACAS ENRAIZADAS *Acacia dealbata*

Las plantas enraizadas desde rebrotes de tocón, fueron trasplantadas a macetas para acondicionarlas como plantas madres (Figura N° 33), actualmente se encuentran en fase de crecimiento y se evalúa la capacidad rizogénica de cada uno de los clones a través del establecimiento de ensayos de enraizamiento de estacas (*cutting*) obtenidas desde estas plantas madres.



Figura N° 33
PLANTAS MADRES TRASPASADAS A MACETAS DE MAYOR CAPACIDAD VOLUMÉTRICA

Las estacas obtenidas desde vitroplantas, acondicionadas como plantas madres, de la especie *A. melanoxylon* muestran porcentajes muy altos de enraizamiento, que varían entre 80 -100 %, en todos los clones micropropagados. Se concluye que las vitroplantas, producen material de muy alta calidad fisiológica y sanitaria, para alimentar programas de estaquillado. Se demuestra, además, la conveniencia de integrar técnicas de micro y macropropagación en la clonación a gran escala de árboles superiores de acacia.



Figura N°34
ESTACAS DE *Acacia melanoxylon* PROVENIENTES DE VITROPLANTAS
PARA SER CONFORMADAS COMO PLANTAS MADRES

V. ESTUDIOS INDUSTRIALES

Los antecedentes tecnológicos más relevantes de las especies *Acacia melanoxylon*, *A. dealbata* y *A. mearnsii* en el país se obtuvieron a través de los proyectos FDI/CORFO "Incorporación de especies del género *Acacia* a la producción forestal Chilena" y "Masificación y desarrollo de opciones productivas en base a especies de acacia probadas en Chile", ejecutados por el Instituto Forestal entre los años 1998 y 2006.

Los proyectos entregaron las primeras informaciones acerca de las propiedades físicas y mecánicas, secado, trabajabilidad, encolabilidad, chapas foliadas, tableros de partículas y pulpa y papel (Pinilla *et al.*, 2002; Briones y Pinilla, 2006; Pinilla *et al.*, 2006) y se desarrollaron en base a la utilización de la información generada, las tecnologías disponibles, opciones productivas y análisis de factibilidad, producto de la aplicación de tecnologías integrales con las especies seleccionadas.

Los resultados de las distintas experiencias señalan que especies del género *Acacia* son interesantes alternativas y/o complementos para los forestadores e industrias dedicadas a la producción de pulpa y madera aserrada en Chile. Se hacen necesarias mayores investigaciones en relación al manejo eficiente, especialmente al considerar el valor de su madera y sus posibilidades de comercialización. Los antecedentes reflejan las oportunidades que presenta para el país el uso de estas especies, las cuales significarían un aporte a la economía regional y, principalmente, a la economía de los propietarios forestales del país.

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA

Hernández y Pinilla (2009) entregan información detallada para las especies en estudio, a continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos en el análisis de las propiedades de la madera de acacias y sus posibles usos industriales, e información más detallada se presenta en Apéndice.

El estudio determinó las propiedades de flexión, compresión paralela y perpendicular, extracción de clavo, tenacidad, cizalle, clivaje, tracción y dureza. Las especies presentaron adecuadas propiedades. Los valores del Modulo de Elasticidad se encuentran dentro del rango del pino radiata, especie utilizada ampliamente en la construcción de viviendas en Chile.

APTITUDES DE USO

Secado

Acacia dealbata y *A. melanoxylon*, en corte tangencial, radial o mixto, se pueden secar adecuadamente bajo un mismo programa de secado. Para ambas especies, la anisotropía de la contracción transversal fue reducida y no presentaron grietas ni colapso. Los alabeos fueron de baja intensidad. El comportamiento frente al secado convencional fue favorecido por un presecado inicial de la madera bajo cobertizo.

Trabajabilidad

Este estudio permitió concluir que las especies alcanzan un comportamiento aceptable frente a diversos procesos de trabajabilidad indicados en la norma ASTM D1666-94. Respecto al tipo de corte las piezas tangenciales alcanzan una mejor calidad.

Encolabilidad

La resistencia de la madera de acacias en uniones dentadas utilizando un adhesivo para uso interior, independiente de la especie, fue superior a la exigencia de la norma ASTM D5572.

Pulpa y Papel

La producción de celulosa de buenas características fue viable con una mezcla de madera de *Eucalyptus globulus* y *Acacia dealbata*, con un porcentaje hasta de 10% de esta última.

Tableros de Partículas

La producción de tableros de partículas de buenas propiedades físicas y mecánicas fue viable con una mezcla de maderas de *Pinus radiata* y *Acacia dealbata*, con un porcentaje hasta de 25% de esta última.

Chapas Foliadas

Las dos especies presentan un buen comportamiento al proceso de foliado y mejor aptitud de manejo que la chapa de *Eucalyptus globulus*. Las chapas de ambas especies no tienen tendencia a la ondulación y son bastante flexibles. En este sentido se concluyó que las especies *Acacia dealbata* y *A. melanoxylon* requieren de un manejo inicial para favorecer la producción de madera de calidad para su uso en chapas y madera aserrada.

Dentro del proyecto FDI/CORFO se realizó la mayoría de los estudios tecnológicos que permiten caracterizar estas especies y determinar sus aptitudes para la fabricación de productos madereros con valor agregado. Sin embargo, para proyectar el uso eficiente de estas especies en los sectores agrícolas (polines) y construcción (madera aserrada, traslapos), necesaria es la investigación en el área de preservación. Por ello se postula la necesidad de evaluar la preservación de las maderas con las técnicas de vacío/presión y doble vacío.

La madera aserrada de pino radiata es la de mayor uso en el área de la construcción y si se requiere usar en madera estructural, opción que se presenta para *Acacia dealbata* y *A. melanoxylon*, necesariamente debe ser preservada conforme con las normas existentes a este respecto, existiendo cerca de 170 plantas de tratamiento. La producción nacional de madera impregnada es de 322.000 m³ (INFOR, 2006), distribuidos en un 46,5% para la construcción, 41% para el sector agrícola y el 12,5% restante para postes de tendido eléctrico.

Estudios Adicionales para *Acacia mearnsii*

Inicialmente, para *Acacia mearnsii* se habían realizado sólo los estudios de propiedades físicas y mecánicas (Hernández y Pinilla, 2009), razón por la que se efectuaron estudios adicionales para esta especie, principalmente en lo referente al contenido de taninos presente en su corteza y a la aptitud pulvable de su madera.

- Contenido de Taninos

Los taninos son compuestos polifenólicos astringentes, presentes en distintos tejidos vegetales y empleados desde la antigüedad para el curtido de cueros. *Acacia mearnsii* presenta altos contenidos

de este compuesto, especialmente en su corteza, y en países como Australia y Sudáfrica se la cultiva comercialmente por esta razón.

Se realizó un estudio para determinar el porcentaje de taninos presente en la corteza de *Acacia mearnsii* creciendo en Chile. En el estudio se utilizaron árboles extraídos desde un ensayo instalado por INFOR en Antiquina, Región del Bío Bío, el año 1992, y se aplicó el método del polvo de piel (Pinilla y Hernández, 2006).

Se efectuaron determinaciones con muestras de corteza obtenidas en otoño, invierno, primavera y verano (marzo, mayo, agosto y septiembre, respectivamente). Los resultados, expresados en contenido de taninos (%) base corteza seca (bcs), variaron entre 17,2 y 29,4 % bcs (29,4 ; 17,4 ; 17,2 y 21,6 para marzo, mayo, agosto y septiembre, respectivamente).

Se concluye que el contenido de taninos de la especie muestra un nivel interesante, que prácticamente duplica al que se puede obtener de corteza de *Pinus radiata* (hasta 15 %), aunque bastante inferior al que entregan tara (*Caesapinia spinosa*) y algarrobilla (*Balsamocarpon brevifolium*) (sobre 40 %), dos especies de la zona semiárida del país que hasta mediados del siglo pasado eran intensamente empleadas con este fin. El período más adecuado de extracción de corteza es fines de verano.

- Aptitud Pulpable

La densidad de la madera de *Acacia mearnsii* es comparable con la de eucalipto, siendo su rendimiento en pulpa kraft alto y comparable con el obtenido con madera de esta última especie. Las características mecánico- resistentes de la pulpa blanca se comparan favorablemente con las pulpas de mercado del mismo tipo, siendo el consumo de madera de *Acacia mearnsii* para la producción de pulpa blanca de 4 m³/t de pulpa seca. Esto indica que la madera de *Acacia mearnsii* presenta viabilidad técnica para la producción de pulpa kraft blanca.



Figura N° 35
PROCESO ELABORACIÓN MATERIA PRIMA PARA ESTUDIOS DE LA MADERA



Figura N° 36
ALGUNOS PRODUCTOS ELABORADOS POR INFOR



Figura N°37
MUESTRAS UTILIZADAS EN LOS ESTUDIOS INDUSTRIALES DE LA MADERA DE *A. mearnsii*

VI. ACACIAS COMO OPCIÓN DENDROENERGÉTICA

ANTECEDENTES

El término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía, lo que se denomina bioenergía. Esta constituye la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano, pues ha sido usada desde que el hombre descubrió el secreto del fuego.

Como una medida del potencial de la biomasa como fuente energética, se puede señalar que el contenido energético de la biomasa almacenada en la superficie terrestre es equivalente al de las reservas probadas de combustibles fósiles, incluyendo carbón, y que la energía total de las reservas estimadas de éstos últimos sólo representa unos 130 años de fotosíntesis neta. El proceso de uso de la biomasa forestal ha permitido el desarrollo de tecnologías de recolección, transformación y combustión. Esto ha generado empleo, una menor dependencia de combustibles fósiles y un resguardo o ahorro de estos que progresivamente se harán más y más escasos.

Los usos de la biomasa en aplicaciones energéticas son principalmente la producción de gas, energía calórica (térmica) y energía eléctrica (CNE, 2009). Actualmente en el país, algunas empresas forestales utilizan biomasa en la producción de electricidad para sus propio consumo e inyectan excedentes al SIC (Sistema Interconectado Central), red de distribución nacional, mediante plantas de cogeneración eléctrica que aprovechan los residuos energéticos (licor negro, cortezas) de procesos industriales como la producción de celulosa.

En el ámbito forestal existen diversas fuentes de biomasa leñosa utilizable en generación de energía. Se puede obtener biomasa directamente de los bosques nativos y las plantaciones, como producto principal o secundario, o por los desechos que quedan en los bosques después de la extracción de estos. Hay también volúmenes importantes de desechos en la industria primaria y en la industria secundaria de la madera; plantas de celulosa y papel, aserraderos, fábricas de tableros y chapas, barracas y otras.

Una alternativa interesante de generación de biomasa para energía es el establecimiento de plantaciones forestales con fines energéticos. Se trata en este caso de plantaciones de corta rotación y alta densidad. Estas plantaciones normalmente emplean latifoliadas de rápido crecimiento, en densidades de 2.000 a 10.000 árboles por hectárea, para rotaciones de 2 a 12 años, a las que se aplica una intensa silvicultura inicial en materia de preparación de suelos, control de competencia y fertilización.

En el Programa Acacia se aborda esta alternativa, como un aspecto importante en la continuación de la línea de investigación. Con acacias es posible crear plantaciones de rápido crecimiento y reducida rotación, para la generación de importantes volúmenes de biomasa de buena calidad como combustible, a costos razonables y en forma sostenible.

En general con estas plantaciones se puede evitar competir por los terrenos con la agricultura o la ganadería y con las especies forestales industriales tradicionales, aún cuando para localizaciones específicas la rentabilidad o las prioridades puedan indicar lo contrario.

Indudablemente se debe emplear la especie más adecuada para cada sitio, los modelos de manejo más apropiados y las herramientas de gestión que apoyen el proceso. INFOR ha establecido convenios de cooperación con países como Irlanda del Norte, Canadá, España y Nueva Zelanda, que en conjunto están

apoyando la investigación de INFOR en diferentes áreas de trabajo, incluida esta.

- La Biomasa Forestal

No son muchos los proyectos y estudios nacionales relacionados con la biomasa forestal y su posibilidad de aprovechamiento como combustible. La información disponible apunta principalmente a la cuantificación de la biomasa total, a determinaciones del contenido de carbono en las masas forestales, al poder calorífico de diferentes especies, y otros aspectos. Hay estudios que señalan la utilización potencial de la biomasa forestal en Chile como fuente de energía, que entregan antecedentes de consumos energéticos mundiales y nacionales junto al uso proyectado en el futuro, que analizan las ventajas del uso de biomasa forestal respecto de los combustibles fósiles, que revisan las posibles barreras que dificultan su uso masivo, y otros.

Algunas conclusiones son:

La biomasa contribuye con el 14,4% del consumo mundial de energía, cifra similar a aquella de la participación de la leña en la matriz energética chilena. Al interior de la UE esta contribución alcanza al 3 % y esperan que al 2010 esta participación se haya triplicado.

La biomasa es susceptible de aprovechar para generar energía térmica, eléctrica y mecánica.

En la matriz energética de Chile, la biomasa representa el 0,7 % del total de la producción eléctrica y el 14 % en el consumo de energía total.

La utilización de la biomasa para generación eléctrica en el país se concentra en la industria forestal, principalmente de la celulosa; Arauco, CELCO, Cholguán, Laja (Energía Verde) y Constitución (Energía Verde).

Como desventajas frente a los combustibles fósiles están los costos de transporte, el no ser un combustible homogéneo, y su relativo menor poder calorífico.

Chile es uno de los pocos países con tradición forestal que no ha incentivado suficientemente el uso de la biomasa forestal como fuente de energía a través de las políticas públicas.

Se necesita disponer de una legislación que estimule la generación de energías renovables.

La bioenergía es una fuente de energía renovable con beneficios sociales y ambientales y con perspectivas económicas en el mediano plazo. Representa además una valiosa alternativa para la mitigación del cambio climático global, frente a las importantes emisiones que generan combustibles como el petróleo y sus derivados y el carbón mineral, por ser una energía renovable, limpia y carbono neutral.

- La Biomasa Forestal como Energía

En países como España, Finlandia, Inglaterra, Irlanda, Nueva Zelandia, Australia, Canadá, Brasil, Holanda, Estados Unidos y Suecia, entre otros, se están desarrollando estudios y proyectos para incorporar plenamente fuentes de energía renovable como la biomasa forestal.

En España, la Sociedad Andaluza de Valorización de la Biomasa, integrada por la Junta de Andalucía, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía del Gobierno Central de España y 6 empresas privadas, junto con plantas de generación eléctrica de Valoriza Energía, está generando energía eléctrica a partir de residuos y de biomasa.

En Málaga existe un laboratorio piloto de micropropagación para impulsar plantaciones energéticas con material seleccionado in vitro de leñosas. El laboratorio es propiedad de CBI (Consultores de Bioenergía), empresa asociada a la empresa Planta Bioenergía. Este laboratorio produce diversos clones de *Paulownia* sp, seleccionada genéticamente (híbridos), para la obtención de los mejores rendimientos en diversas condiciones de sitio. Estos desarrollos se complementan con otras iniciativas como, por ejemplo, la planta de peletización de Energía Oriental, que emplea biomasa de álamos, paulownias, residuos de poda de olivares y otras fuentes. Esta planta peletizadora se integra en un grupo empresarial de distribución de calderas de biomasa. Los vendedores de calderas aseguran a sus clientes el suministro de combustible, pellets, que producen en la peletizadora.

En Finlandia, en el marco del Wood Energy Technology Programme, se desarrollaron tecnologías para la producción en gran escala de astillas forestales desde los bosques y sus desechos de raleos y cosechas. Estas tecnologías se encuentran en operación y el volumen de biomasa generado se está usando para la generación de energía térmica y eléctrica. Los residuos de biomasa finlandeses son de 30 a 58 t/ha durante la rotación, y provienen de un raleo a desecho, tres raleos comerciales y cosecha, que dejan de 4 a 9 t/ha en cada oportunidad (no se incluyen tocones ni raíces). Las faenas de extracción son totalmente mecanizadas y los procesos de conversión de biomasa a energía, como combustibles sólidos, líquidos, gaseosos y electricidad, están en uso actualmente.

En Inglaterra e Irlanda se ha trabajado con especies de *Salix* (sauces) aptas como dendroenergía. Entre estos estudios destacan los realizados por The Agri-Food & Biosciences Institute (AFBI) para el uso de *Salix*; selección y evaluación clonal para la producción energética bajo un manejo de corta rotación en monte bajo, incluyendo aspectos de silvicultura, fertilización, mezclas de especies y prevención y control de plagas.

En Nueva Zelandia se ha estudiado el uso de plantaciones con fines energéticos, destacando los esfuerzos de SCION. Esta investigación se ha centrado principalmente en especies de los géneros *Eucalyptus*, *Salix* y *Acacia*, información que estará disponible para INFOR en virtud de convenio de cooperación con SCION.

Esta investigación señala que la cosecha de madera dura tiene futuro en Nueva Zelandia debido a la alta productividad esperable y a la capacidad de proporcionar oportunidades múltiples de utilización del suelo. Estas oportunidades son observadas con interés por el mercado de la bioenergía, como materia prima para los biocombustibles y biorefinerías, en especial con *Salix*, si se despejan algunas interrogantes de tipo económico. Este trabajo también señala un gran interés en las plantaciones de eucalipto para la bioenergía y el carbón.¹¹

Es interesante en los trabajos de SCION que investigadores de esta organización lideran grupos internacionales de trabajo en la materia, destacando el *IEA Bioenergy, Task 30 Short Rotation Crops (2006-2009)*, *Short Rotation Crops for Bioenergy Systems* (Cultivos de Corta Rotación para Sistemas de la bioenergía).¹² El trabajo de este grupo, en el periodo 2007-2009, se basa en la premisa que en muchos

11 Ian Nicholas. 2008. Asesor del proyecto. Charla en XXIII SILVOTECNA. Hardwood Options for Bioenergy in New Zealand.

12 www.shortrotationcrops.org

países, dada la demanda de biomasa para energía, se incorporará un período de extensión rápida como manera de asegurar fuentes de energía sostenibles y seguras.

Las cosechas de corta rotación (SRC) pueden convertirse en una fuente de energía valiosa si los sistemas de producción se pueden maximizar económica y ambientalmente. La tecnología se debe desarrollar pronto para proporcionar ayuda a los países durante esta era de difusión rápida, con el fin de asegurar que los sistemas de producción apropiados sean establecidos y utilizados a largo plazo.

Este grupo de trabajo de SCION plantea que la investigación debe centrarse en cosechas de cortas rotaciones destinadas total o parcialmente (sólo residuos) a proporcionar biomasa al mercado de la energía. Incluye en esto cultivos arbóreos, arbustivos y herbáceos. En lo que se refiere a arbóreos se trabaja generalmente con acacias, álamos, eucaliptos y sauces, capaces de generar importantes volúmenes de biomasa apropiados para energía. En el programa para 2007-2009 el grupo plantea priorizar en aspectos de fomento, expansión y sostenibilidad de estos sistemas y en mayor desarrollo tecnológico para respaldar estos fines.

En SCION dividen el trabajo en cinco temas centrales: Lazos de productores y de Mercados; Cambio Climático y Servicios Ecosistémicos; Mejoramiento y Optimización de los Sistemas de Producción; Energía, Agricultura y Políticas Medioambientales para SRC; y Competencia por la Tierra y los Recursos Hídricos.

En esta fuerza de trabajo, liderada por SCION de Nueva Zelandia, está integrada además por Australia, Brasil, Canadá, Países Bajos, Reino Unido, Estados Unidos de América y Suecia.

Algunas fuentes de información en línea de interés sobre el uso de biomasa forestal como energía se encuentran en: Biopower (www.eren.doe.gov), que contiene información técnica acerca de las diferentes formas de aprovechar la biomasa como combustión directa, gasificación y otras, además de información de resultados de proyectos demostrativos; Splash Page - DOE's Bioenergy Initiative (www.eren.doe.gov), con la descripción del programa implantado en los Estado Unidos por el Departamento de Energía para el aprovechamiento de la biomasa en todos los sectores de la sociedad; y US Department of Energy's National Biofuels Program (www.ott.doe.gov), que contiene información del programa en los Estados Unidos, referente a tecnología, situación actual, y aplicaciones en vehículos de combustibles obtenidos a partir de biomasa.

LAS ACACIAS COMO ESPECIE DE INTERÉS BIOENERGÉTICO EN CHILE

Como se ha revisado en los capítulos anteriores, las especies del género *Acacia* constituyen promisorias opciones forestales como alternativas productivas en sectores marginales para las especies forestales tradicionales (pino y eucalipto) y como oportunidad y medio para una mayor diversidad productiva en el sector.

En el mediano plazo, se espera que el desarrollo de estas opciones tecnológicas permita tomar decisiones en materia de políticas que tiendan a incrementar y diversificar el suministro de fibra corta, hasta ahora proporcionada por el género eucaliptos. Esto podría permitir una ampliación y diversificación de la superficie de plantaciones forestales y, fomentando el mejoramiento tecnológico para utilizar más adecuadamente las especies y el volumen de existencias, se podría reducir los efectos de variaciones en los mercados internacionales con mayor variedad de productos.

A lo anterior se suma el potencial que representan las especies de acacia como fuente de biomasa para energía, dadas sus características de crecimiento y, principalmente, su plasticidad ecológica que hace posible cultivarlas en sitios marginales para las especies forestales tradicionales debido a la degradación de los suelos o limitaciones hídricas. La investigación de INFOR señala que estas acacias pueden ser empleadas en amplias zonas del país, sin mayor competencia con otros usos del suelo como agricultura, ganadería y plantaciones de pino y eucalipto.

En los ensayos de INFOR se han observado fuertes incrementos en altura y diámetro de las especies de acacia consideradas en el programa, los resultados de crecimiento en parcelas permanentes indican incrementos anuales en volumen de 20 m³/ha para *Acacia dealbata* y 10 m³/ha para *Acacia melanoxylon*, registrando en buenos sitios valores aún mayores para ambas especies (Pinilla, 2005).

Estas especies son apreciadas como leña y para la producción de carbón, no obstante no existe mucha información técnica respecto de su uso como combustible. La literatura señala por ejemplo que *Acacia dealbata* presenta un alto poder calorífico, 4.700 Kcal/Kg, similar a roble y mayor que espino, mientras que *Acacia mearnsii* proporciona una excelente leña, con un peso específico de 0,70 a 0,85 gr/cm³ y un poder calorífico cercano a 4.000 Kcal/kg.

La legislación vigente sobre manejo de los bosques nativos en el país incentiva las intervenciones silvícolas orientadas preferentemente a su recuperación, dado el estado de degradación en que muchos de ellos se encuentran como producto la sobreutilización y los incendios que sufrieron, especialmente hasta mitad del siglo pasado, y de la extracción de leña que se mantiene hasta la actualidad. En el corto plazo probablemente estas intervenciones, en bosques sobremaduros y en bosques de segundo crecimiento, generarán importantes volúmenes de biomasa para combustible, sin embargo en el mediano y largo plazo, recuperados y bajo manejo sostenible, deben ofrecer productos de mayor valor, como madera aserrada de calidad y otros, y sólo proporcionarán combustible como producto secundario y como desechos de la silvicultura y de la industria.

Las plantaciones forestales comerciales en tanto han sido incentivadas por el Estado por años, pero más recientemente estos incentivos se han reorientado hacia los pequeños propietarios y hacia la recuperación de suelos degradados y, actualmente se está preparando una prolongación de estos incentivos estatales manteniendo el énfasis en los pequeños propietarios y la conservación de suelos, pero incorporando otros objetivos de la forestación, entre los que se incluyen la energía y los servicios ambientales.

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



Figura N° 38
RODALES DE *Acacia dealbata* Y *Acacia mearnsii*
EN DIFERENTES SITIOS DE LAS REGIONES DEL MAULE A LOS LAGOS

VII. ALGUNAS CONSIDERACIONES FINALES

El Programa Acacia de INFOR ha tenido por objetivo dar continuidad a trabajos anteriores de la institución en esta línea de investigación, con el objeto de generar una información integral y propiciar el desarrollo de nuevos recursos basados en estas interesantes especies, por medio de las cuales es posible incorporar a la producción áreas hoy en desuso o subutilizadas, protegiendo y mejorando sus suelos, dada la cobertura y la fijación de nitrógeno que las acacias proveen, e impulsar una diversificación productiva sobre la base de las características multipropósito de estas.

Este programa de investigación, sumado a los trabajos anteriores, consolida una amplia información sobre las especies en estudio, que cubre desde la semilla y la producción de plantas hasta la utilización en diversos productos finales, pasando por su silvicultura y manejo, el mejoramiento genético y técnicas avanzadas de propagación, además del desarrollo de diferentes herramientas de gestión para apoyar su masificación como especies alternativas de importancia para la forestación en el país.

Se cuenta con una completa red de parcelas experimentales distribuidas entre las Regiones de Valparaíso y Los Lagos, que son objeto de periódicas evaluaciones, sobre la base de las cuales se espera continuar generando valiosa información sobre el manejo de plantaciones de acacias, incrementar los rendimientos en la medida se avance con los trabajos de mejoramiento genético, realizar las ganancias genéticas obtenidas a través de las más apropiadas técnicas de propagación, y consolidar así una sólida base técnica para sustentar su uso masivo en nuevas plantaciones forestales para el país.

Entre las múltiples funciones que las plantaciones de acacia pueden cumplir se cuentan la protección y mejoramiento de suelos con especies fijadoras de nitrógeno, la captura de carbono, la generación de biomasa combustible carbono neutral, la obtención de cortantes vegetales y la producción de madera aserrada de alta calidad, madera complementaria para celulosa de fibra corta, y materia prima para tableros, chapas, postes y otras aplicaciones.

Los crecimientos registrados por estas especies son interesantes, son adecuadas para áreas complementarias a las que son aptas para pino y eucalipto y también para recuperación de suelos degradados, son apropiadas para una amplia zona geográfica del país dada su gran plasticidad ecológica, su establecimiento es fácil, y generan una variedad de productos de buena calidad, características que las convierten en una importante oportunidad de creación de nuevos recursos forestales y de desarrollo rural, en especial en aquellas áreas más empobrecidas por el deterioro de sus suelos y la pérdida de sus bosques.

El conjunto de parcelas experimentales del programa es joven, gran parte de ellas tienen menos de 10 años, y en ellas se están evaluando variables como el crecimiento de especies, procedencias y progenies, bajo diferentes condiciones de sitio; la respuesta a diferentes intervenciones silviculturales, como podas y raleos, en especial para los productos de mayor valor; y en los próximos años se deberá evaluar la respuesta de material mejorado genéticamente a diferentes sitios para continuar con el proceso. En laboratorio, invernadero y vivero se están desarrollando avanzadas técnicas de propagación, que por una parte acompañan al proceso de mejoramiento genético y, por otra, deben mejorar las técnicas de producción de plantas para su uso en plantaciones masivas. En el área de los productos hay trabajo pendiente, especialmente en ámbitos como las aplicaciones y usos energéticos y la preservación de maderas para su empleo en las áreas agrícola y de la construcción.

En consecuencia, aún tratándose de especies de rápido crecimiento y de una relativamente corta

rotación, y pese a los importantes avances que se ha logrado en esta línea de investigación, completar una base técnica integral sobre el establecimiento, manejo y utilización de estas especies, requiere de mayor desarrollo y plazo de trabajo, de modo de extraer de ellas todo su potencial en términos económicos, sociales y ambientales.

VIII. REFERENCIAS

- Ahuja, M. R., 1993.** Biotechnology and Clonal Forestry. In: Ahuja M. and W. Libby (Editors) Clonal Forestry I. Genetic and Biotechnology. Springer-Verlag, Berlin. Pp: 135-144.
- Ahuja, M. R., 1997.** Biotechnology in Forestry: Expectations and Challenges. In: Perspective of Forest Genetics and Tree Breeding in a Changing World. Csaba Mátyás (Ed.). IUFRO World Series Vol.6, Vienna, Austria, 1997. Pp: 45-55.
- Albert, F., 1908.** Algunas Observaciones sobre las Especies Cultivadas en la Sección de Aguas i Bosques. En: Anales Agronómicos 3(4).
- Albert, F., 1909.** Los Siete Árboles Forestales más Recomendables para el País. Santiago, Chile, Imprenta Cervantes.
- Álvarez, A. P.; Barrio, A. M.; Castedo, D. F.; Díaz, V. R. Fernández, L.J.; Mansilla, V. P.; Pérez, O.R.; Pintos, V.C.; Riesco, M.G.; Rodríguez, S.R.; Salinero, C. M.C., s/f.** Manual de silvicultura del castaño en Galicia. (Online database). <http://agrobyte.lugo.usc.es/agrobyte/publicaciones/castano/indice.html>.
- Barros, S., 1997.** Ensayos de Introducción de Especies en la Región Metropolitana, Chile. Corporación Nacional Forestal (CONAF), Región Metropolitana (Informe Interno)
- Barros, S., 2007.** El Género *Acacia*, Especies Multipropósito. En: Revista Ciencia e Investigación Forestal, Instituto Forestal. Número Extraordinario. Silvicultura y Utilización de Especies del Género *Acacia*. Noviembre 2007.
- Blakesley, D., Allen, A., Pellny, T. y A. V. Roberts, 2002.** Natural and Induced Polyploidy in *Acacia dealbata* Link. and *Acacia mangium* Willd. Annals of Botany 90: 391-398.
- Beck, S., Dunlop, R. y J. Staden, 1998.** Rejuvenation and Micropropagation of Adult *Acacia mearnsii* Using Coppice Material. Plant Growth Regulation, 26: 149-153.
- Beck, S., Dunlop, R. y J. Staden, 2000.** Meristem Culture of *Acacia mearnsii*. Plant Growth Regulation, 32: 49-58.
- Bon, M.C., Bonal, D., Goh, D .K. y O. Monteuis, 1998.** Influence of Different Macronutrient Solutions and Growth Regulators on Micropropagation of Juvenile *Acacia mangium* and *Paraserianthes falcataria* Explants. Plant Cell Tissue Organ Cult 53: 171-177.
- Boulay, M., 1983.** Micropropagation of Frost Resistant *Eucalyptus*. In: Proc. Workshop of Eucalyptus. California Sacramento USDA Forest Service General Tech Rep PSW 69, Sacramento, pp 102-107.
- Briones, R.; 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.
- Brodribb, T. y R. Hill, 1993.** A Physiological Comparison of Leaves and Phyllodes in *Acacia melanoxylon*.

Buresti, E. 1994. Il Bosco Torna in Pianura; Le Prospettive Dopo 15 Anni di Esperienze. Atti Consorzio della Bonifica Reno Palata. 26 p.

Buresti, E.; De Meo, I., 1998. Un Impianto di Noce in Golena con "Specie "Paracadute" (Scheda 6). *Sherwood* (35): 27-31. CARBONE F.; VENZI L. 1997. Il Rischio Tecnologico Negli Impianti di Arboricoltura da Legno: Il Caso del Noce Comune, il Problema Tecnico e L'impatto Economico. *Legno Cellulosa Carta* (4): 24-34.

Buresti, E.; Frattegiani, M. 1995. Impianti Misti in Arboricoltura da Legno. *Sherwood*(3): 11-17. Burschel, P.; Huss, J. 1997. *Grundriss des Waldbaus*. P. Parey. Berlin.

CARBONE, F.; VENZI, L., 1993. Un Confronto tra due Alternative di Arboricoltura con le Juglandacee. Arboricoltura da Legno e Politiche Comunitarie. *Tempio Pausania*, 22-23 giugno 1993. Pp. 95-108.

Carson, M., Vicent, T. y A. Firth, 1992. Control Pollinated and Meadow Seed Orchards of Radiata Pines. Synthesis IUFRO Symposium Mass Production Technology for Genetically Improved Fast Growing Forest Tree Species. Bordeaux, France. Pp: 100-109.

Clutter, J., Fortson, J., Pienaar, L., Brister, G. y Bailey, R., 1983. *Timber Management: A Quantitative Approach*. Wiley & Sons, New York, USA. 333p.

Crawford, D. F. y V. J. Hartney. 1987. Micropropagation of *Acacia mangium* and *Acacia stenophylla*. In: *Australian Acacia in Developing Countries*. J. W. Turnbull, ed. Proceedings of International Workshop. ACIAR-Proc-Ser. Canberra: 64-65.

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

Crawford, M., 1996. *Walnuts: Production and Culture*. Agroforestry Research Trust. 28 p.

Darus-Ha, J. y H. Darus, 1991. Micropropagation of *Acacia mangium* from aseptically germinated seedlings. *J. Trop. Forest.*, 3: 204-208.

De Fossard, A., Broker, P. and R. Bourne, 1977. The organ culture of nodes of four species de *Eucalyptus*. *Acta Hort.* 78: 157-165.

Department of the Environment and Water Resources DEWR, 2007. Australian Government. Australian Biological Resources Study. Species Bank. In: <http://www.environment.gov.au/cgi-bin/species-bank>

Draper, N. and Smith, H., 1967. *Applied Regression Analysis*. J. Wiley and Sons Inc, N. York. 407p. Estopà M. 2005. El Cultivo *in Vitro* en la Reproducción Vegetativa en Plantas en Vivero. Revista On-line de Horticultura. http://www.horticom.com/revistasonline/extra05/M_Estopa.pdf

- FAO, 2000.** Global Forest Resources Assessment. FRA. Main Report. FAO Forestry Paper 140.
- Galiana A., Tibok A. y E. Duhoux.1991. *In Vitro* Propagation of the Nitrogen-fixing Tree Legume *Acacia mangium* Wild. Plant and Soil, 135: 151-159.
- Galiana A., Moo, H.P.C. y D.K. Goh, 1998.** Recent Advances in Mass Micropropagation of Acacia Species. In: Malaysian Science and Technology Congress. Tawau Sabah : CIRAD-Forêt, 12 p. Malaysian Science and Technology Congress, 1998-11-23/1998-11-25, (Sabah, Malaisie).
- García, O., 1994.** Minimum Data for Forest Plantation Management. Keynote address, IUFRO Conference Minimum Data Requirements for Sustainable Forest Management, Stellenbosch, South Africa, November 1994.
- Gutiérrez, B. y Molina, M.P., 2005.** Enfoque Estratégico para el Mejoramiento de Especies del Género Acacia en Chile. En: Pinilla, J.; Molina, M. y Gutiérrez, B. (editores). Investigación con *Acacia dealbata*, *A. melanoxylon* y *A. mearnsii* en Chile. Instituto Forestal. Concepción, Chile. Pp: 55-66.
- Haines, R., 1992.** Mass Production by Cuttings Biotechnologies and the Capture of Genetic Gain. Mass Production Technology for Genetically Improved Fast Growing Forest Tree Species. Synthesis IUFRO Symposium, Bordeaux. France. Pp: 128-144.
- Hamzah, M.B., Alang, Z.C. y N.J. Saleka, 1989.** *In Vitro* Propagation of *Acacia mangium* from Young Seedlings. Tissue Culture in Forest Species, pp. 129-132.
- Hernández, G. y Pinilla, J. C., 2009.** Compendio Propiedades de la Madera de Especies Nativas y Exóticas en Chile. Informe Técnico N° 178. Instituto Forestal, Sede Bio Bio, Chile.
- Hernández, I., Celestino, C. y M. Toribio, 2003.** Vegetative Propagation of *Quercus suber* L. by Somatic Embryogenesis. I. Factors Affecting the Induction in Leaves from Mature Cork Oak Trees. Plant Cell Report 21:759-764.
- Ide, Y., Watsnabe, Y. y H. Ikeda, 1994.** Tissue Culture of *Acacia auriculiformis* Using the Aseptically G Germinated Seedlings. Japan Forestry Soc. 76:576-583.
- Ikemori, Y., 1987.** Epicormic Shoots from the Branches of *Eucalyptus grandis* as an Explant Source for in Vitro Culture. Comm. For. Rev. 66: 351-355.
- Ikemori Y., Penchel R. y F. Bertolucci. 1994.** Integrating Biotechnology into Eucalyptus Breeding. International Wood Biotechnology Symposium. August 31 th- September 1 st. Tokyo, Japan. Pp: 77-84.
- INFOR, 1988.** Silvicultura del Aromo Australiano (*Acacia melanoxylon* R. Br.). Informe de Avance Proyecto INFOR - CORFO, Diciembre de 1988. 40 p.
- INFOR, 1997.** Investigación Silvicultura *Acacia melanoxylon* y otras Acacias. Informe Final. INFOR - CORFO. Concepción. 146 p. más anexos
- INFOR, 2001.** Incorporación de Especies del Género *Acacia* a la Producción Forestal Chilena. Informe de Avance. INFOR-CORFO. Concepción. 126 p.

INFOR, 2009. Superficie de Plantaciones Forestales Regiones de Coquimbo a Aysén e Inventario Plantaciones de PYMP Regiones del Bío Bío y La Araucanía. Actualización a Diciembre de 2008. Instituto Forestal 2009.

INFOR-FONDEF, 1995. Índices de Sitio Preliminares para Eucalipto. Proyecto CONICYT-FONDEF. Antecedentes Biométricos y modelos de apoyo a la gestión y manejo racional del Eucalipto.

Jones, C., 1986. Getting Started in Micropropagation of Tasmanian Blackwood (*Acacia melanoxylon*). Combined Proceedings of the International Plant Propagators' Society, Volume 36, Pp. 477-481. NZ FRI reprint 2216.

Jones, C., Smith, D., 1988. Effect of 6-Benzylaminopurine and 1-Naphthylacetic Acid on *In-Vitro* Auxiliary Bud Development of mature *Acacia melanoxylon*. Combined Proceedings of the International Plant Propagators' Society, Volume 38: 389-393. NZ FRI reprint 2217.

Kleinschmit, J., Khunara, D., Gerhold, H. y W. Libby, 1993. Past, Present and Anticipated Applications of Clonal Forestry. In: Ahuja, M. and W. Libby. (Editors). Clonal Forestry II. Conservation and Application. Springer-Verlag. Berlin. Pp: 9-41.

Khanna, P.K., 1999. Gains from Planting Eucalypts and Acacias, Onwood: Research Updates from CSIRO Forestry and Forest Products. Summer No. 23. CSIRO Forestry and Forest Products, Canberra.

Le Roux, J. and J. Van Staden, 1991. Micropropagation and Tissue Culture of Eucalyptus – a Review. Tree Physiology 9: 435-477.

Loewe, M.V, 2003. Perspectivas de Desarrollo de la Arboricultura para la Producción de Madera de Alto Valor en Chile. INFOR-FIA. 277 p.

Loewe, V., González, M., Siebert, H y González, Y., 2004. El Aromo Australiano y su Proyección. Revista Chile Forestal N°301: 17-20. Santiago, Chile.

Loewe, M.V., González, O.M., 2006. Plantaciones Mixtas, Un Modelo Productivo con Potencial para Chile. INFOR-FIA, 299 p.

MacRae, S. and P. Cotterill, 1997. Macropropagation and Micropropagation of *E. globulus*: Means of capturing genetic gain. Proceedings of the IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalyptus v2: Biotechnology applied to genetic improvement of tree species. Salvador, Brazil, August 24 al 29, 1997. Pp:102-110.

McComb, J. and I. Bennett, 1986. Eucalyptus (*Eucalyptus* spp). In Biotechnology in Agriculture and Forestry, Volume 1: Trees 1. Ed. Y.P.S. Bajaj. Springer-Verlag, Berlin, pp 340-362.

Menzies, M., 1992. Increasing Value through Technology: Improving the Productivity of Radiata Pine Plantations. IAC Conference, Auckland, New Zealand, 2-3 December 1992. 15 p.

Mercurio, R., 1993. La Arboricultura da Legno per il Recupero di Terreni Agricoli. Cellulosa e Carta 2: (59-63).

Mittal, A., Agarwal R. y S. C. Gupta, 1989. *In Vitro* Development of Plantlets from Axillary Buds of *Acacia auriculiformis* - a Leguminous Tree. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 19: 65-70.

Murashige, T. y F. Skoog., 1962. A Revised Media for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiol. Plant.* 15: 473-497.

National Academy of Sciences, 1980. Firewood Crops. Shrubs and Tree species for Energy Production. Vol. 1. Washington D.C. National Academy Press. 237 p.

Nicholas, I. and Brown, I, 2002. Blackwood. A Handbook for Growers and End Users. Forest Research Bulletin N°25. Forest Research. Rotorua, New Zeland. 95p.

Ortiz, O., González, M.E. y L. Koch, 2006. Micropropagación de Árboles Superiores de *Acacia melanoxylon* R. BR. 2do Congreso IUFRO Latinoamericano. Bosques: La Creciente Importancia de sus Funciones Ambientales, Sociales y Económicas. La Serena, Chile.

Pienaar, L. V., Shiver, B. D., 1986. Basal Area Prediction and Projection Equations for Pine Plantations. *Forest Sci.*, Vol 32 N° 3, pp. 626-633.

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., Molina, M. P., Villarroel, A., Gutiérrez, J. 2000. Primeros Resultados de un Ensayo de Especies y Procedencias de *Acacia* en la VIII Región. In Actas 1° Simposium Latinoamericano sobre Manejo Forestal. Santa María, Brasil, 9-10 noviembre. Universidad Federal de Santa María.

Pinilla, J.C., Molina, M.P., Gutiérrez, B. y Gutiérrez, J. 2002. Incorporación de Especies de *Acacia* al Desarrollo Forestal Productivo: Avances De Investigación. En Actas: Primer Congreso Chileno de Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 23-25 Octubre.

Pinilla, J.C., Molina, M.P., y Gutiérrez, B., 2004. Performance of Australian Acacias in Chile. NFT News, Improvement and Culture of Nitrogen Fixing Trees. 7(1): 4-5.

Pinilla, S., J.C., 2005. Manejo, Crecimiento y Rendimiento. En: Pinilla, J.C.; Molina, M. y Gutiérrez, B. (editores). *Investigación con Acacia dealbata, A. melanoxylon y A. mearnsii en Chile.* INFOR-CORFO. Concepción, Chile. pp.: 67-98.

Pinilla, J. C., Molina M.P. y Gutiérrez Braulio, 2005. Tratamientos Pregerminativos y Producción de Plantas. En: Investigación con *Acacia delabata, A. melanoxylon* y *A. mearnsii* en Chile. Editores: Juan Carlos Pinilla, María Paz Molina y Braulio Gutiérrez. Pág.: 29-54.

Pinilla, S., J.C. y Hernández C., G., 2006. Propiedades de la Madera de *Acacia mearnsii* de Willd Creciendo en Chile. INFOR. I. Aptitud Pulpable y Contenido de Extraíbles. Informe Técnico N°161. INFOR-CORFO. 24p. Santiago, Chile.

Pinilla, S., J.C., Molina, B., M.P., Gutiérrez, C., B. 2006. Opciones Productivas con Acacias Para Chile. En Actas Segundo Congreso Latinoamericano IUFRO. La Serena, Chile. 23-27 Octubre 2006.

Pinilla, Suárez, J.C., Molina Brand, M.P., Briones, R., Hernández Careaga, G., 2006. Opciones de Productos a partir de la Madera de Acacia, y su Promoción. Antecedentes de una Experiencia con Acacias en Chile. Boletín Informativo CIDEU N° 2, 2° Trimestre 2006, Huelva, España.

Pinilla, S., J.C., Molina B., M.P., Gutiérrez C., B., 2007. Opciones Productivas con Acacias Para Chile. En: Revista Ciencia e Investigación Forestal. Vol. Extraordinario: 155-172. CORFO-INFOR. Noviembre 2007.

Prado, J.A., Barros, S., Wrann, J., Rojas, P., Barros, D. y Aguirre, S., 1986. Especies Forestales Exóticas de Interés Económico para Chile. INFOR – CORFO. 156 p.

Quoirin, M., Martins, K. M. Silva y M. Alves., 2001. Micropropagation of Juvenile and Adult Blackwattle. Actas Simposio Red-Bio 2001: IV Encuentro Latinoamericano de Biotecnología. Pp. 150-157

Rajadurai, D.I., Rao, A. N. y C.S. Loh., 1989. *In Vitro* Culture Studies on Two Leguminous Species. In: Proceedings of the Seminar on Tissue Culture of Forest Species. Rao, A. N. y Y. Aziah Mohe eds: 104-128.

Reinike, M., 1996. Comparación del Efecto de la Exposición, en el Desarrollo de Plantaciones Mixtas en la IX Región. Tesis de grado presentada para optar al título de Ingeniero Forestal - Universidad Austral de Chile - Facultad de Ciencias Forestales - Valdivia. 78 p.

Saito, Y., Ide Y., Kojima, K. and IS. Sasak., 1993. Isolation of Protoplasts from Various Tissues of *Acacia mangium* Cultured in Vitro. Bull. Tokyo Univ. For., 90: 17-21.

Semsuntud, N. y W. Nitiwattanachai, 1991. Tissue Culture of *Acacia auriculiformis*. In Advance in Tropical Acacia Research. J.W. Turnbull, Ed. ACIAR Proc. Int. Workshop Bangkok, Thailand February 11-15, pp. 13-19.

Schlatter, J, V. Gerding y J. Adriazola, 1997. Sistema de Ordenamiento de la Tierra. Herramienta para la Panificación Forestal Aplicada a las Regiones VII, VIII y IX. Serie Técnica, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 91 pp.

Shigo, L.A., 1994. Arboricultura Moderna Compendio. Un Sistema para el Cuidado de los Árboles y sus Asociados. Dirham, New Hampshire, USA. 152p.

Siebert, H., 1994. Aspectos Prácticos de la Silvicultura del Aromo Australiano. Tercer Taller Silvícola Diversificación y Silvicultura: Nuevas Experiencias. Concepción, Chile, Octubre 1994. 6-16 p.

Simmons, M. H., 1987. Growing Acacias. Kangaroo Press Pty Ltd. 72 p.

Talbert, G., Ritchie, G. y P. Gupta, 1993. Conifer Vegetative Propagation: An Overview from Commercialization Perspective. In: Ahuja, M. and W. Libby. (Editors). Clonal Forestry II. Conservation and Application. Springer-Verlag. Berlin. Pp: 145-181.

Thorpe, T.A., Harry, I.S. y P.P. Kumar, 1991. Application of Micropropagation to Forestry. In: Debergh, P. and P. Zimmerman (ed.). Micropropagation: Technology and Application. Kluwer Academic Publisher. Pp: 311-336.

Toledo, I., 1997. Determinación de las Características de Crecimiento de un Rodal Mixto de *Eucalyptus globulus* L. y *Acacia melanoxylon* R.Br. Tesis de grado presentada para optar al título de Ingeniero Forestal - Universidad Austral de Chile - Facultad de Ciencias Forestales - Valdivia. 53 p.

Wrann, J., 1983. Experiencias de Forestación en la Zona Árida y Semiárida de Chile: Secano de las Regiones Centro-norte y Centro. Estudio de Caso de Especies Vegetales para las Zonas Áridas y Semiáridas de Chile y México. FAO - Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente. 3 - 43 p.

Yañez, M. G., 1996. Análisis de Crecimiento en Plantación Mixta de *Eucalyptus globulus* Labill. con *Acacia melanoxylon* R.Br. Tesis de grado presentada para optar al título de Ingeniero Forestal - Universidad Austral de Chile - Facultad de Ciencias Forestales - Valdivia. 85 p.

Yara, K. 1987. Epicormic Shoots from the Branches of *Eucalyptus grandis* as an Explants Source for *in Vitro* Culture. *Commonw. For. Rev.* 66(4). 351-356.

Yasodha, R.; Sumanthi, R. y Gurumurthi, K. 2001. Branch Segments of Mature Eucalypts – as a Source of Explants for Micropropagation. En Actas: Simposio Internacional IUFRO: Desarrollando el Eucalipto del Futuro, Septiembre del 2001, Valdivia Chile.

APÉNDICE

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS Y APTITUDES DE USO

(Adaptado de Hernández y Pinilla, 2009)

ACACIA NEGRA

Acacia mearnsii De Willd

Familia: *Leguminosae*, Subfamilia *Mimosoideae*

Origen: SE de Australia, Estados de NSW, VIC y TAS

Distribución en Chile: Regiones de Coquimbo a Los Lagos

Árbol de 6 a 20 m de altura según condiciones de sitio



PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

Contracción (desde estado verde a 0%)		
Radial (%)	Tangencial (%)	Volumétrica (%)
s/i	s/i	s/i

Ensayo	Parámetro	Seco (12%)	Verde
Densidad (kg/m ³)		630	549
Flexión (N/mm ²)	MOR	105,96	60,85
	MOE	13.161,19	10.180,19
Compresión (N/mm ²)	Paralela	56,61	25,26
	Perpendicular	15,55	8,8
Tracción Perpendicular (N/mm ²)	Radial	4,92	4,54
	Tangencial	7,39	7,11
Dureza (N)	Paralela	8.059,96	3.742,09
	Perpendicular	6.218,06	4.279,25
Cizalle Paralelo (N/mm ²)	Radial	12,86	7,59
	Tangencial	16,81	9,77
Clivaje (N/mm)	Radial	74,35	61,12
	Tangencial	100,96	77,86
Tenacidad (Ncm)	Radial	4.513	3.449
	Tangencial	4.824	3.252
Extracción Clavo (N)	Paralela	778,21	547,94
	Perpendicular	1.298,32	1.020

s/i: sin información

DESCRIPCIÓN DE LA MADERA

Corteza: Café negruzco, dura y fisurada

Albura: Café muy pálido

Duramen: Café claro con moteado rojizo

CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS

Aserrado: Sin información

Secado: Sin información

Chapas: Sin información

Curvabilidad máxima con vapor: Sin información

Encolado: Sin información

Trabajabilidad: Sin información

Terminaciones: Sin información

Durabilidad natural: Sin información

Tratabilidad con CCA: Sin información

Aptitud pulpable: Viable, el rendimiento en pulpa kraft es alto y comparable con el obtenido con *Eucalyptus globulus*. El consumo de madera de *A. mearnsii* para la producción de pulpa blanca es de 4 m³ por tonelada de pulpa seca

Poder calorífico: Sin información

APLICACIONES SUGERIDAS

Mangos de herramientas

Pisos

Postes de mina

Pulpa

Revestimientos

Taninos (corteza)

AROMO AUSTRALIANO

Acacia melanoxylon R. Brown

Familia: *Leguminosae*, Subfamilia *Mimosoideae*

Origen: SE de Australia, Estados de NSW, VIC y TAS

Distribución en Chile: Regiones Metropolitana a Aysén, principalmente en los sectores de la depresión intermedia y cordones del valle central, bajo los 500 msnm.

Árbol de 10 a 40 m de altura según condiciones de sitio.



PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

Contracción (desde estado verde a 0%)		
Radial (%)	Tangencial (%)	Volumétrica (%)
1,8	3,6	s/i

Ensayo	Parámetro	Seco (12%)	Verde
Densidad (kg/m ³)		503	458
Flexión (N/mm ²)	MOR	124,07	54,88
	MOE	19.143,22	12.524,50
Compresión (N/mm ²)	Paralela	48,71	23,13
	Perpendicular	12,94	8,33
Tracción Perpendicular (N/mm ²)	Radial	2,01	2,65
	Tangencial	2,73	3,63
Dureza (N)	Paralela	5.626	s/i
	Perpendicular	3.192	s/i
Cizalle Paralelo (N/mm ²)	Radial	9,17	7,15
	Tangencial	10,69	8,92
Clivaje (N/mm)	Radial	32,14	36,26
	Tangencial	5,38	46,06
Tenacidad (Ncm)	Radial	s/i	s/i
	Tangencial	4.077	s/i
Extracción Clavo (N)	Paralela	617,40	s/i
	Perpendicular	345,94	s/i

s/i: sin información

DESCRIPCIÓN DE LA MADERA

Corteza: Café grisáceo con grandes surcos longitudinales

Albura: Blanco rosáceo

Duramen: Desde café amarillento hasta marrón oscuro con matices rojos

CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS

Aserrado: Sin dificultad

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

Chapas: Sin dificultad, presenta un buen comportamiento en el macerado y en la operación de foliado vertical. Las chapas no presentan problemas en el secado a alta temperatura (130 °C) como tampoco tendencia a la ondulación. Las chapas presentan una notoria diferencia de color entre albura y duramen.

Curvabilidad máxima con vapor: Sin información

Encolado: Sin dificultad

Trabajabilidad: Sin dificultad

Cepillado: Se recomiendan 20 marcas/pulgada y ángulo ataque de 20°

Lijado: Se recomienda velocidad avance de 4,5 m/min, lijas 80 y 120

Moldurado: Se recomiendan 4 cuchillos, ángulos ataque y alivio de 18° y 19° y una velocidad de 7.000 rpm

Escopleado: Se recomienda una velocidad de 8.500 rpm

Torneado: Se recomienda una velocidad mayor a 3.000 rpm

Taladrado: Se recomienda una velocidad mayor a 2.800 rpm

Terminaciones: Sin dificultad, buenas terminaciones con aceites y barnices

Durabilidad natural: Sin información

Tratabilidad con CCA: Los polines no pueden impregnarse con el mismo programa que se utiliza para Pinus radiata. Para alcanzar retenciones de 6,4 kilos de óxido/m³ en polines con diámetro 2-4" se sugiere una concentración de la solución preservante en torno a un 4% y una presión de trabajo de 230 PSI por 50 minutos, considerando una humedad de los polines entre 10/20%

Aptitud pulpable: Sin información

Poder calorífico: 5,5 GJ/m³ (20% de humedad)

APLICACIONES SUGERIDAS

Madera pulpable

Revestimientos de interior

Pisos y muebles

Ebanistería y tornería

Fabricación de mesas de billar

Instrumentos musicales

Madera aserrada y elaborada

Culatas de armas de fuego

Estructuras de embarcaciones, remos, mangos

AROMO DEL PAÍS

Acacia dealbata Link

Familia: *Leguminosae*, subfamilia *Mimosoideae*

Origen: SE de Australia, Estados de NSW, VIC y TAS

Distribución en Chile: Regiones de Coquimbo a Los Lagos

Árbol de 6 a 30 m de altura según condiciones de sitio.



PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

Contracción (desde estado verde a 0%)		
Radial (%)	Tangencial (%)	Volumétrica (%)
s/i	s/i	s/i

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

s/i: sin información

DESCRIPCIÓN DE LA MADERA

Corteza: café negruzco, dura y moderadamente fisurada

Albura: verde glauco-plateado

Duramen: castaño claro, rosado

CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS

Aserrado: Sin dificultad

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

Chapas: Sin dificultad, presenta un buen comportamiento en el macerado y en la operación de foliado vertical. Las chapas no presentan problemas en el secado a alta temperatura (130 °C) como tampoco tendencia a la ondulación

Curvabilidad máxima con vapor: Sin información

Encolado: Sin dificultad

Trabajabilidad: Sin dificultad

Cepillado: Se recomiendan 20 marcas/pulgada y ángulo ataque de 20°

Lijado: Se recomienda velocidad avance de 4,5 m/min, lijas 80 y 120

Moldurado: Se recomiendan 4 cuchillos, ángulos ataque y alivio de 18° y 19° y una velocidad de 7.000 rpm

Escopleado: Se recomienda una velocidad de 8.500 rpm

Torneado: Se recomienda una velocidad mayor a 3.000 rpm

Taladrado: Se recomienda una velocidad mayor a 2.800 rpm

Terminaciones: Sin dificultad, buenos resultados con barniz, laca y pintura

Durabilidad natural: Sin información

Tratabilidad con CCA: Los polines no pueden impregnarse con el mismo programa que se utiliza para el Pinus radiata. Para alcanzar retenciones de 6,4 kilos de óxido/m³ en polines con diámetro 2-4" se sugiere una concentración de la solución preservante en torno a un 4% y una presión de trabajo de 230 PSI por 50 minutos, considerando una humedad de los polines entre 10/20%

Aptitud pulpable: Viable, la producción de celulosa de buenas características se obtiene al mezclar Eucalyptus globulus y A. dealbata, esta última hasta un 10%

Poder calorífico: 4.034 Kcal/kg (11% humedad)

APLICACIONES SUGERIDAS

Pulpa

Carpintería

Fabricación de cajones

Muebles rústicos

Barriles



INFOR

WWW.INFOR.CL