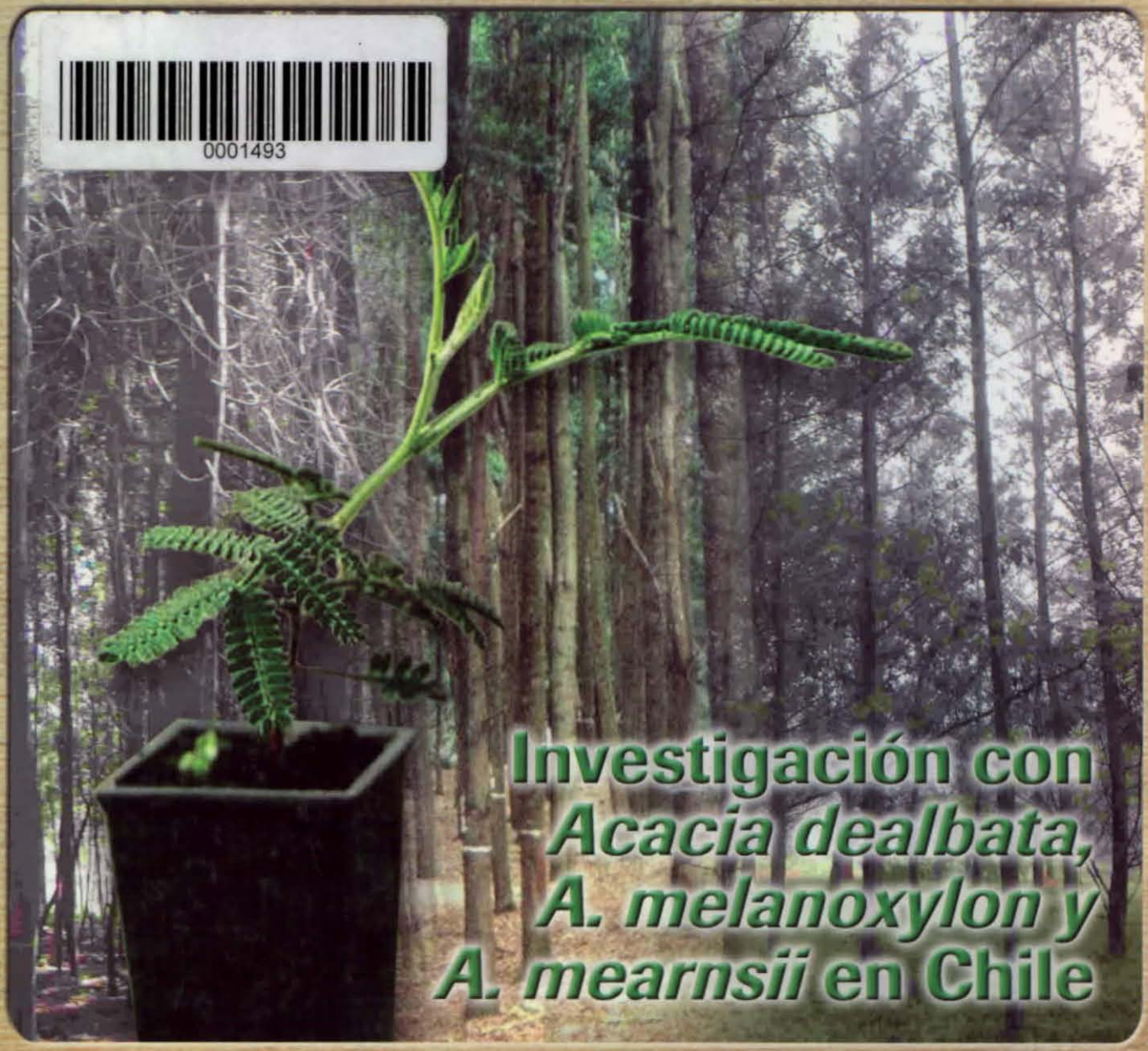
0001493



Investigación con *Acacia dealbata*, *A. melanoxylon* y *A. mearnsii* en Chile

Editores: Juan Carlos Pinilla S. - María Paz Molina B. - Braulio Gutiérrez C.

INFOR
Instituto Forestal

GOBIERNO DE CHILE
CORFO

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

INFOR
Instituto Forestal

GOBIERNO DE CHILE
CORFO

La investigación con *Acacia dealbata*, *A. melanoxylon* y *A. mearnsii* en Chile

Proyecto FDI: Masificación y Desarrollo de Opciones Productivas en Base a Especies de *Acacia* Probadas en Chile

7195

INSTITUTO FORESTAL

NOVIEMBRE 2005

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

INFOR
Instituto Forestal

GOBIERNO DE CHILE
CORFO

La investigación con *Acacia dealbata*, *A. melanoxylon y A. mearnsii* en Chile

Proyecto FDI: Masificación y Desarrollo de Opciones Productivas en Base a Especies de *Acacia* Probadas en Chile

Editores

Juan Carlos Pinilla S.
María Paz Molina B.
Braulio Gutiérrez C.

INSTITUTO FORESTAL

NOVIEMBRE 2005

La investigación con Acacia dealbata, A. melanoxylon y A. mearnsii en Chile

Registro de Propiedad Intelectual Nº 149.003
I.S.B.N. 956-8274-55-3

La información contenida en este documento es resultado del proyecto FDI 02C8FD-13 "Masificación y Desarrollo De Opciones Productivas en Base A Especies De *Acacia* Probadas En Chile". Este documento fue financiado por el Fondo de Desarrollo e Investigación FDI-CORFO.

Los editores agradecen en forma especial a los señores MSc. José Antonio Prado D. y Alvaro Sotomayor G. por sus valiosos comentarios en la revisión de este texto.

Copyright © 2005 Instituto Forestal
Primera Edición 2005
Tiraje: 400 ejemplares

Este libro se terminó de imprimir en los talleres de Trama Impresores S.A. Hualpén, Chile, en el mes de Noviembre de 2005

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

INDICE

PROLOGO 7

CAPITULO I.
ANTECEDENTES GENERALES DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO 9

	Introducción	9
1	La investigación de Infor con *acacias* australianas	10
1.1	*Acacia melanoxylon*	12
1.2	*Acacia mearnsii*	14
1.3	*Acacia dealbata*	18
2	*Acacia mearnsii* y *A. dealbata* para la producción de papel y taninos	21
3	*Acacia* y los Taninos Vegetales	23
3.1	Producción de taninos vegetales	24
3.2	Aprovechamiento	25
	Bibliografía	26

CAPITULO II.
TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS Y PRODUCCIÓN DE PLANTAS 29

	Introducción	29
1	Abastecimiento de semillas	30
1.1	Epoca de recolección	33
1.2	Forma de recolección	33
1.3	Manejo	34
1.4	Limpieza y secado	34
1.5	Calibración	35
1.6	Análisis	35
1.7	Almacenamiento	37
2	Tratamientos pregerminativos	37
2.1	*Acacia melanoxylon*	38
2.2	*Acacia mearnsii*	39
2.3	*Acacia dealbata*	39
3	Siembra y Labores Culturales	39
3.1	Control de temperatura	40
3.2	Fertilización	41
3.3	Control de luminosidad	41
3.4	Riego	42
3.5	Control de enfermedades y plagas	45
3.6	Desmalezado	46
4	Sustrato	46
4.1	Contenedores	48
4.2	Selección del contenedor	49
4.3	Limpieza del contenedor	50
4.4	Llenado de contenedores	50
4.5	Calidad de las plantas	51
4.6	Despacho de las plantas	52
5	Consideraciones finales	52
	Bibliografía	53

CAPITULO III.
ENFOQUE ESTRATÉGICO PARA EL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ESPECIES DEL GÉNERO *Acacia* EN CHILE **55**

	Introducción	55
1	Consideraciones generales	56
2	Componentes de ciclo de mejora	56
2.1	Población Base	57
2.2	Población Seleccionada	57
2.3	Población de Producción	58
2.4	Población de Mejora	58
2.5	Población de Infusión	58
2.6	Pruebas Genéticas	59
3	Estrategia de mejoramiento para acacias	59
3.1	Origen del programa de mejoramiento	59
3.2	Estrategia preliminar	63
	Bibliografía	66

CAPITULO IV.
MANEJO, CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO **67**

	Introducción	67
1	Antecedentes generales de establecimiento	68
1.1	Control de malezas	69
2	Esquemas de manejo	71
2.1	Plantaciones en rodales mixtos	73
3	Crecimientos y rendimientos observados	73
3.1	Crecimientos observados a nivel internacional	74
3.1.1	*Acacia melanoxylon*	74
3.1.2	*Acacia mearnsii*	75
3.1.3	*Acacia dealbata*	76
3.2	Crecimientos observados a nivel nacional	76
3.2.1	*Acacia melanoxylon*	76
3.2.2	*Acacia mearnsii*	77
3.2.3	*Acacia dealbata*	80
4	Antecedentes biométricos principales	81
4.1	Modelos de gestión forestal	81
4.2	Usos de los modelos desarrollados	83
4.3	Planilla de rendimiento	84
4.4	Otros antecedentes de rendimiento	85
4.5	Modelos de apoyo	86
4.5.1	Ajuste de un modelo polinomial de ahusamiento	87
4.5.2	Volumen	88
5	Observaciones y recapitulación	92
	Bibliografía	93

CAPITULO V.
ANTECEDENTES GENERALES SOBRE PROPIEDADES Y UTILIZACION DE LA MADERA **99**

	Introducción	99
1.	Usos de las especies	100
1.1	*Acacia melanoxylon*	100
1.2	*Acacia mearnsii*	102
1.3	*Acacia dealbata*	107
2	Observaciones y recapitulación	109
	Bibliografía	110

PROLOGO

El proyecto *masificación y desarrollo de opciones productivas en base a especies de Acacia probadas en Chile* adjudicado por el Instituto Forestal en Concurso organizado por el Fondo de Desarrollo e Innovación (FDI) dependiente de CORFO, contempla el estudio de tres especies del género acacia: *Acacia melanoxylon, Acacia dealbata y Acacia mearnsii.* Estas tres especies, como resultado de estudios anteriores realizados por el Instituto Forestal (INFOR), han mostrado muy buenos resultados para su establecimiento en nuestro país, tanto desde el punto de vista de la diversificación de las actuales plantaciones con especies exóticas como por su alto grado de adaptabilidad edafoclimática y multiplicidad de productos a obtener a través de un manejo forestal adecuado. Lo anterior le confiere al proyecto una gran importancia desde el punto de vista de la consolidación y complementación de información en lo que se relaciona con el manejo forestal más adecuado, el mejoramiento genético de las procedencias más promisorias, el estudio de las características físico mecánicas, evaluación de los probables productos a obtener, etc., de tal forma de lograr hacer de estas especies exóticas una nueva y eficiente fuente de ingresos para grandes, medianos y pequeños propietarios.

El desconocimiento de los parámetros básicos de crecimiento y productividad por especie y por sitio, adicionado al escaso aprovechamiento industrial e inexistencia de un mercado formal han dado como resultado su no utilización en forma masiva. El conocimiento de su biometría, junto con la utilización de adecuadas descendencias derivadas del mejoramiento genético, tratamientos silviculturales y esquemas de manejo forestal específicos, o en combinación con otras especies (eucalipto), permitirá obtener una respuesta a estas interrogantes y su utilización eficiente por parte de la industria forestal, tanto pulpable como aserrable.

En este sentido, el presente texto corresponde a una compilación respecto a antecedentes más relevantes de las especies en estudio, recopilados desde distintas fuentes de información tanto nacionales, así como de estudios realizados por INFOR.

El objetivo de este documento es presentar un resumen de los resultados de la investigación con estas especies, poniendo a disposición de los interesados con distintos niveles de desarrollo información técnica relevante, permitiendo con esto la masificación y difusión de las especies, la asignación más racional de recursos y la toma de decisiones a distinto nivel en base a información con cierto grado de certidumbre.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES GENERALES DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO

Juan Carlos Pinilla S.

Introducción

El género Acacia está formado por aproximadamente 1.000 especies arbóreas y arbustivas, de las cuales alrededor de 800 se encuentran en Australia y el resto en África y América. En general, se acepta que el grupo africano está separado taxonómicamente de los dos otros grupos (Bauerle, 1997).

La familia *Mimosasacea* está subdividida en diferentes secciones, que agrupan especies con características morfológicas distintivas. La sección *Botrycephalae* incluye aproximadamente 36 especies del género *Acacia* originarias de Australia. Entre sus características destaca la presencia de follaje bipinnado hasta la madurez. A diferencia de las acacias africanas, son siempre verdes y no presentan espinas. Todas las especies de esta sección crecen en áreas más frías y húmedas del sudeste australiano, ocupando generalmente una posición sociológica secundaria en los bosques de *Eucalyptus* (Kannegiesser, 1990). A esta sección pertenecen entre otras *Acacia mearnsii* y *Acacia dealbata* (Kannegiesser, 1990).

La especie *Acacia melanoxylon*, por su parte, pertenece a la gran familia *Leguminoceae*. Su nombre botánico deriva del griego "melas" y "xylon", que se traduce como madera negra. De la misma forma, haciendo referencia a las características de su madera se han originado los nombres vulgares. Esta especie se conoce como australian blackwood, black wattle, acacia negra, aromo negro, schwarze akazia y acacia à bois noir, entre otras. En Chile se le denomina principalmente aromo australiano. Debido a sus facilidades para invadir terrenos y bosques, en Argentina es conocida como aromo salvaje (Carnevale, 1955).

Acacia melanoxylon es una latifoliada que presenta distintos fenotipos dependiendo del ambiente donde crece. Varía desde un arbusto achaparrado hasta presentarse como una de las acacias más grandes de Australia (INFOR, 1988). Esta especie y *Acacia dealbata* pertenecen al orden Rosales y a la Familia *Leguminosae: Mimosoidae*. Estas especies se caracterizan por ser fijadoras de nitrógeno e importantes colonizadores de rápido crecimiento (Bauerle, 1997).

En Chile, las plantaciones con las especies *Acacia dealbata* y *A. mearnsii* abarcan una superficie aproximada de 1.000 hectáreas (rodales plantados mayores a 4 ha), entre la VII y X Región, mientras que con *A. melanoxylon* esta cifra llegaría a las 4.000 ha (INFOR, 2002; Loewe *et al.*, 2004). Sin embargo, existe una superficie desconocida que está constituida por rodales de estas especies, principalmente *A. melanoxylon* y *A. dealbata*, establecidas en mezcla con otras especies, en cajas de ríos, cortinas cortavientos o masas forestales derivadas de regeneración natural (INFOR, 1997; Pinilla, 2000). En lo que respecta al total de la superficie cubierta con plantaciones exóticas, la de acacia corresponde a un porcentaje mínimo.

Las especies del género *Acacia* constituyen promisorias opciones forestales, sea como alternativas productivas en sectores marginales para las especies forestales tradicionales (pino radiata y eucalipto), 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 tomar decisiones en materia de políticas que tiendan a incrementar y/o diversificar el suministro de fibra corta, hasta ahora proporcionada por el género *Eucalyptus*, y con ello ampliar y diversificar la superficie de plantaciones forestales pulpables, fomentando el mejoramiento tecnológico para utilizar más adecuadamente las especies y el volumen de existencias, de manera de dejar de depender de las variaciones del mercado internacional en relación con un solo producto, como se dio en el caso de la baja del precio de la celulosa.

1. La Investigación del Instituto Forestal con Acacias Australianas

La investigación de INFOR se ha centrado en el estudio de la adaptación y respuesta al manejo de algunas especies de *Acacia*, trabajando principalmente con *A. dealbata* y *A. melanoxylon*, entre la V y X Región, contando con la participación de empresas forestales y particulares. Producto de estos estudios, INFOR cuenta con:

- Protocolos de viverización para acacias.

- Selección preliminar de las mejores procedencias de acacia para algunas zonas geográficas del país.
- Antecedentes de crecimiento.
- Ensayos establecidos entre la V y X Región (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ensayos Instalados por INFOR

TIPO DE ENSAYO	PREDIO	UBICACION	PROPIETARIO
Especies y Procedencias del Género *Acacia*	Antiquina San Juan	Antiquina, VIII Región Santa Juana, VIII Región	INFOR Forestal Mininco S.A.
Progenies *Acacia melanoxylon*	LasTotoras Antiquina	Collipulli, IX Región Antiquina, VIII Región	Famasa INFOR
Raleo y Espaciamiento *Acacia melanoxylon*	Las Acacias	Mulchén, VIII Región	Forestal Mininco S.A.
Progenies *A. melanoxylon*	Alhuemanque	Lanco, X Región	Forestal Natalhue Ltda.
Progenies *A. dealbata*	San Antonio de Elocoyan	Loncoche, IX Región	Empresas Fourcade
Ensayo masivo *A. mearnsii*	Tantehue	Melipilla, Región Metropolitana	Comunidad Santa María de Tantehue
Procedencias *Acacia mearnsii*	Los Ñadis	Valdivia, X Región	Forestal Tomagaleones S.A.
Parcelas Permanentes (42)	Varios	VII a X Región	Propietarios particulares y empresas
Unid. Demostrativas (10) con *Acacia dealbata*	Varios	VIII Región	Propietarios particulares

Los resultados obtenidos desde estos ensayos se han publicado en informes elaborados por INFOR (INFOR, 1997; INFOR, 1998; INFOR, 1999; Pinilla, J.C. 2000; Pinilla *et al.*, 2002; Pinilla, *et al.*, 2004). Hasta la fecha la especie más promisoria en crecimiento y desarrollo es *Acacia dealbata*, con su procedencia 16385 de Tasmania (Australia). Los resultados también señalan como una especie interesante a *Acacia mearnsii*, de la procedencia 16268 (INFOR, 1998; INFOR, 1999 Pinilla, *et al.*, 2004).

Acacia melanoxylon presenta un desarrollo más lento con respecto a las otras especies ensayadas. La mejor procedencia corresponde a la raza local (Colcura, VIII Región) (INFOR, 1998; INFOR, 1999; Pinilla *et al.*, 2002).

Paralelamente, INFOR ha trabajado para obtener relaciones funcionales estáticas y dinámicas a nivel local para *Acacia mearnsii*, intentando evaluar esquemas silviculturales y de manejo (INFOR, 1998). Esta misma investigación menciona que presenta una respuesta inmediata al raleo y que no sería posible manejar plantaciones bajo el esquema de monte bajo, debido a la nula retoñación de tocones. Finalmente, se concluye que esta especie, debido a sus características de crecimiento y su diversidad de usos, es una alternativa productiva complementaria para sectores de la región del secano interior hacia el sur.

1.1 Acacia melanoxylon

En su fenotipo de árbol sus mayores dimensiones pueden llegar a alturas de 35 metros y diámetros de 1 y 1,5 metros. Estas magnitudes las alcanza en las tierras bajas al Noroeste de Tasmania (Australia). Generalmente, su altura se encuentra entre los 10 y 30 metros y sus diámetros fluctúan alrededor de 50 y 80 centímetros (Streets, 1962; Najera y López, 1969; Carnevale, 1955; Forest Research Institute, 1982, citados por INFOR, 1988) (Figura 1).

El fuste, aunque generalmente es recto, puede presentar contrafuertes y otros defectos en la base. Al crecer en lugares abiertos, raramente está libre de ramas por más de 3,6 - 4,2 metros de su altura (Chudnoff, 1984). La corteza es de color café a gris oscuro, variando su espesor desde 0,5 a 5 centímetros en los árboles más gruesos. Se caracteriza por los grandes surcos o grietas que se extienden longitudinalmente.

El aromo australiano presenta una copa amplia, de forma globosa - cónica con follaje tupido, coriáceo y persistente. Una característica distintiva de este aromo es la presencia de un follaje juvenil plumiforme pero que, rápidamente, cambia a una hoja coriácea.

El área de distribución natural del aromo australiano presenta una gran variedad de climas (Figura 2). Se extiende desde la zona templada - fría hasta la cálida - húmeda y la zona subtropical, con las precipitaciones medias anuales fluctuando entre 450 y 1.800 mm, en que la distribución durante el año varía de acuerdo con la zona geográfica. Al sur de Australia, donde la especie alcanza su mejor desarrollo, la temperatura máxima media del mes más cálido oscila entre 19 y 22 °C, pudiendo llegar a 26 - 30 °C en áreas situadas más al norte. La temperatura mínima del mes más frío varía entre 1 y 10 °C, observándose de 5 a 70 heladas al año (Hall *et al.*, 1970).



Figura 1. Árboles adultos de *Acacia melanoxylon* (Futrono, X Región)

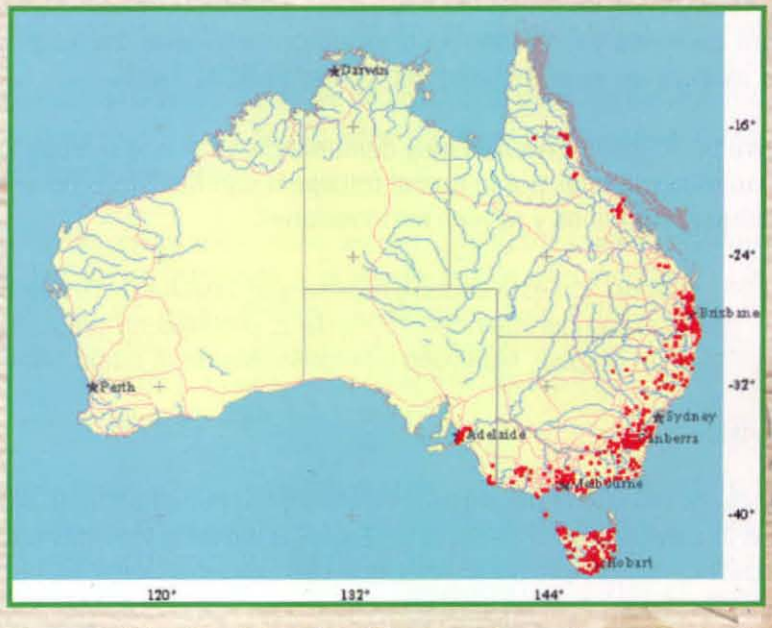


Figura 2. Distribución natural de *A. melanoxylon* en Australia
Fuente: ERIN, 1996

Esta acacia crece principalmente en suelos de mediana a alta fertilidad, profundos, con buen drenaje y pH neutro a ácido, raramente en podzoles arenosos. En los sitios más húmedos ocupa suelos krasnozem, pardos, ácidos y aluviales. También, se encuentra en arcillas limosas, podzoles rojos o amarillos y gleysoles. Sin embargo, el mejor crecimiento se obtiene en suelos forestales podzólicos de buena calidad y suelos aluviales. Ocupa posiciones topográficas que varían desde terrenos bajos pantanosos, valles, laderas en pendientes hasta mesetas y cimas (Boland et al., 1984).

En relación a sus asociaciones vegetales, el aromo australiano probablemente alcanza su mejor desarrollo en el noroeste de Tasmania, donde crece asociado con *Nothofagus cunningamii* en bosques cerrados o como especie secundaria en rodales abiertos de *Eucalyptus regnans, E. obliqua* y *E. viminalis*. Asociaciones similares existen en el sur de Tasmania y en el centro - sur de Victoria.

Más en altura se asocia con los *Nothofagus* y su desarrollo es menor. En los sectores donde las precipitaciones fluctúan entre 800 y 1.000 mm se asocia con *Eucalyptus viminalis* y *Eucalyptus ovata*.

Actualmente, su uso más frecuente es para la industria de la celulosa y para leña; sin embargo, presenta excelentes características físicas y mecánicas para la producción de madera aserrada. Lo anterior, luego de un manejo adecuado y rotaciones que podrían fluctuar entre los 20 a 30 años. Igualmente se obtendrían productos secundarios como leña y madera para pulpa proveniente de los tratamientos intermedios a los cuales debería ser sometido el bosque (raleo comercial) (Pinilla, 2000).

El interés de inversionistas o productores radica en los precios que la madera sólida de acacia puede alcanzar en el mercado mundial. Es así como se citan precios para la madera de *A. melanoxylon* en Sudáfrica y Australia que van desde US$100 a US$500 por m^3 para madera aserrable y US$1.000 para madera para chapas. La madera aserrada de buena calidad alcanza un valor de US$1.200 por m^3 (INFOR, 1998).

La madera de *A. melanoxylon* es muy demandada, ya que lo marcado de sus anillos le da un aspecto muy especial, por lo que al trabajarla con herramientas manuales o con máquinas va adquiriendo finas y suaves terminaciones.

Un estudio realizado con esta especie mostró que mezclas de 5% de *A. melanoxylon* con 95% de *E. globulus* comparadas con 100% de *E. globulus* no presentan diferencias significativas tanto en el pulpaje, blanqueo y propiedades de la pulpa (Pinilla, 2000).

1.2 Acacia mearnsii

Esta acacia es originaria del sudeste de Australia. Principalmente se encuentra en las tierras bajas y costeras y en las laderas bajas de las mesetas y cordilleras. Se distribuye desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 900 msnm. Recibió su nombre botánico en honor al colector del espécimen tipo, el cirujano americano E. A. Mearns (1856 - 1916). El nombre común, black wattle, aromo negro o acacia negra, se refiere al follaje y a la corteza, ambos de color oscuro.

Acacia mearnsii es un arbusto grande o un árbol pequeño (Figura 3), comúnmente de 6 a 10 m de altura, pero puede alcanzar hasta 20 m (Boland *et al.*, 1984; Turnbull, 1986, citados por Kannegiesser, 1990).



Figura 3. Árboles de *A. mearnsii* (Valdivia, X Región)

Los ejemplares que crecen solitarios presentan copas amplias y extendidas, son ramificados desde la base y con el tronco principal torcido. Pero al crecer en plantaciones, el fuste es generalmente recto y delgado hasta tres cuartas partes de la altura total.

La corteza de los árboles viejos es de color café negruzco, dura y fisurada, pero en individuos más jóvenes y en las partes altas de aquellos de más edad es de color café grisáceo, más delgada y suave.

El follaje adulto es de color verde oscuro con brotes nuevos suavemente amarillos. Su madera es finamente texturada y presenta anillos de crecimiento poco visibles. La albura es de color café muy pálido y, el duramen café claro con moteado rojizo. La durabilidad es considerada ligera o moderada. La densidad básica es de aproximadamente 630 kg/m^3 y la densidad de la madera secada al aire fluctúa entre 550 y 800 kg/m^3 (Bootle, 1984 citado por Kannegiesser, 1990).

En Australia crece en las zonas climáticas húmedas y subhúmedas, cálidas y frías, con precipitaciones medias anuales de 625 a 900 mm que caen entre 105 a 175 días al año (Figura 4). Raramente se presenta en zonas donde las temperaturas exceden los 38°C y no crece con temperaturas sobre 40°C, reportándose áreas en donde ha soportado hasta 40 días al año con heladas.



Figura 4. Distribución natural de *A. mearnsii* en Australia
Fuente: ERIN, 1996

En cuanto a los suelos, se señala que esta acacia se ha encontrado en basaltos, granitos y areniscas, siendo común en suelos derivados de esquistos y pizarras metamórficas, aluviales y podzoles forestales profundos de moderada a baja fertilidad. En su lugar de origen los mejores crecimientos se han reportado en suelos húmedos, relativamente profundos, de texturas livianas, bien drenados y generalmente ácidos, con pH entre 5 y 6,5 (Pinilla, 2000).

A. mearnsii constituye el sotobosque de bosques altos y abiertos, dominados principalmente por *Eucalyptus ovata*, *E. saligna*, *E. globulus*, *E. viminalis* y *E. radiata*. En zonas donde coloniza tierras explotadas, suele formar rodales densos.

En un principio la madera de esta especie se utilizó como material para construcciones livianas y energía, pero posteriormente, se comenzó a utilizar la corteza como materia prima para la curtiembre.

Esta especie es la fuente principal de corteza para la industria de taninos vegetales a nivel mundial, los que son utilizados en la manufactura de cuero duro para zapatos, monturas y otros productos. Las industrias de taninos basados en esta especie se han desarrollado principalmente en Brasil, Kenya, India, Sudáfrica, Tanzania y Zimbawe. La corteza contiene entre 36 y 41% de taninos, excepcionalmente buenos, dependiendo los rendimientos de factores ambientales (Pinilla, 2000).

La literatura reporta otros usos para la corteza y el extracto obtenido, tales como preservantes, adhesivos, en molduras de plástico y como adhesivos en la industria de la madera prensada para exteriores, tableros de partículas y madera laminada (Coopens *et al.*, 1980, citado por Kannegiesser, 1990). Se destaca que el adhesivo en base al extracto de corteza de esta especie presenta características de resistencia al agua similares a aquellos del tipo resorcinol, pero con un menor costo de producción.

Por otra parte, la madera de *A. mearnsii* proporciona una excelente leña, con un peso específico de 0,70 a 0,85 gr/cm^3 y un poder calorífico de 14.630 a 16.720 kJ/kg. Las dificultades de secado y agrietamiento que presenta su madera han disminuido su uso en la industria del mueble.

Por sus características de rápido crecimiento, adaptabilidad a diversas condiciones de sitio y capacidad colonizadora de áreas erosionadas, esta especie ha sido efectiva para el control de zonas degradadas y para mejorar la fertilidad de suelos, siendo un eficiente fijador de nitrógeno. La literatura menciona que en Indonesia se han obtenido 21 a 28 t/ año de hojas verdes, conteniendo 240 a 285 kg de nitrógeno y que cultivos agrícolas asociados a esta especie rinden el doble gracias a la acción fijadora del nitrógeno (National Academy of Sciences, 1980; Kannegiesser, 1990).

En Brasil, en el estado de Río Grande do Sul, *A. mearnsii* es utilizada en diferentes tipos de condiciones y como fuente de materia prima de varios productos, siendo los principales la elaboración de taninos vegetales, madera para celulosa (chips) y energía. La rotación comercial es de 8 años, edad a la cual los árboles presentan un DAP de 15 cm (1,9 cm/año) y una altura de 20 metros (2,5 m/año). A esta edad una plantación de *A. mearnsii* entrega 16 toneladas de corteza por hectárea y una productividad de alrededor de 140 m^3/ha destinados a celulosa y leña, con un incremento de 17,5 m^3 /ha/año. Del total de corteza, el 28% corresponde a taninos (Pinilla y Gutiérrez, 2000).

En el proceso industrial, la corteza de mayor valor es aquella que proviene de árboles recién cortados y de edades superiores a 6 años, lo que entrega el mayor porcentaje y calidad de taninos (Pinilla y Gutiérrez, 2000).

La necesidad de investigación e información vinculada al crecimiento de *A. mearnsii* en Sudáfrica motivó la creación del Instituto de Investigación de Acacia (Wattle Research Institute, WRI) en 1947, reinaugurado como ICFR (Instituto para la Investigación y Comercialización Forestal) en 1984. La investigación en acacias se sustentó en la alta calidad de taninos presentes en la corteza de esta especie, incluyendo posteriormente estudios relacionados al mejoramiento, establecimiento y reforestación, preparación de suelo, nutrición, control de malezas, entomología y patología. Durante la era WRI, la investigación se centró exclusivamente en *A. mearnsii* (INFOR, 2000).

En Sudáfrica, el mercado de la corteza de acacia ha cambiado con el tiempo, desde requerimientos industriales del orden de 330.000 ha de plantaciones para satisfacer la demanda de corteza durante la década de los sesenta, hasta aproximadamente 130.000 ha durante la década de los noventa. Recientemente, restricciones de orden ambiental han promovido un aumento en el uso de taninos vegetales en desmedro de los sintéticos, lo que ha motivado un aumento en el número de hectáreas plantadas con la especie (INFOR, 2000; Pinilla y Gutiérrez, 2000).

Actualmente el ICFR coordina la investigación multidisciplinaria enfocada a mejorar la calidad y cantidad de madera de acacia y el crecimiento de corteza de *A. mearnsii*; investigar acerca de la silvicultura apropiada para optimizar la producción de fibra y calidad de las semillas; e investigar acerca de los efectos de la calidad de sitio sobre la fibra y calidad de la corteza (INFOR, 2000).

En relación con la calidad de las semillas, el ICFR está continuamente mejorando el germoplasma de *A. mearnsii* disponible en Sudáfrica para fines industriales, variando sus programas según las tendencias del mercado, lo cual implica orientar la investigación en función de mejorar el rendimiento en corteza o de incrementar el rendimiento en madera para fines pulpables.

De igual forma, el programa de mejoramiento genético intenta reducir los daños causados por enfermedades y plagas, y producir árboles adaptados a diversas condiciones de sitio. Además, el ICFR ha investigado en el control de lagomorfos, agente que causa gran daño en las plantaciones recién establecidas. Se han desarrollado técnicas de bajo costo y de resultados satisfactorios en base a la utilización de mallas protectoras en cada planta.

En cuanto a las empresas forestales, Sappi y Mondi son las dos principales de Sudáfrica, las cuales basan su negocio en la exportación de productos, principalmente papel de alta calidad y papel estucado (couché). Ambas empresas sustentan programas de desarrollo e investigación, principalmente a través del ICFR, orientados al mejoramiento genético de diferentes especies, incluida *A. mearnsii* (resistencia a la sequía, alta productividad de corteza y madera, y resistencia a plagas y enfermedades) (INFOR, 2000).

En Chile, en ensayos establecidos por INFOR en la X Región y Región Metropolitana, a la edad de cinco años, se han obtenido crecimientos anuales cercanos a 1,2 cm y 1,3 m en diámetro y altura, respectivamente, siendo recomendada para las regiones V a X. Su principal producto son los taninos extraíbles de su corteza y su buena calidad para postes. Como observación se puede indicar que presenta una moderada resistencia a las heladas, contribuyendo a la recuperación de sistemas degradados cuando se le emplea en trabajos de control de erosión y restauración de la cubierta vegetal. Sin embargo, en zonas de baja precipitación ha presentado problemas de crecimiento (Benedetti *et al.*, 1998; INFOR, 1999).

1.3 Acacia dealbata

Acacia dealbata (aromo país), en su área de distribución natural se le encuentra principalmente entre los 350 y 1.000 msnm, en las mesetas y en pie de montes de la cordillera Australiana, al norte de New South Wales hasta el oeste de Victoria; y de 5 a 500 msnm en Tasmania. El rango latitudinal que ocupa la especie va desde los 29° hasta los 43° Sur. Actualmente su cultivo se ha extendido por casi todo el mundo (Hoffmann, 1983; Boland *et al.*, 1984, citados por Bauerle, 1997).

En Australia crece dentro de una formación denominada bosque abierto y abierto alto. Se asocia con diferentes especies de *Eucalyptus*, entre los que se encuentran: *E. fastigata, E. regnans, E. delegatensis* y *E. viminalis*. En sitios más pobres, a mayor altitud, se encuentra con *E. radiata, E. dives* y *E. nortonii* (Grosse *et al.*, 1990) (Figura 5).

Según señala Grosse *et al.* (1990), *Acacia dealbata* se presenta principalmente en las zonas climáticas frías a cálidas subhúmedas, bordeando la zona húmeda (Figura 6). La temperatura media máxima del mes más cálido fluctúa entre 20° y 28°C, con una media mínima del mes más frío cercana a los 0°C. Se presentan 20 heladas fuertes al año y nevadas suaves a medianas. Las precipitaciones medias anuales son de 600 a 1.000 mm con variabilidad moderada. Los registros menores son de 300 a 500 mm.

Esta Acacia ocupa áreas cuya topografía va desde altas mesetas hasta profundos valles montañosos, especialmente a lo largo de esteros y ríos. Los materiales parentales son variados, siendo comunes los granitos en las mesetas. Además, crece en areniscas y, en menor extensión, en suelos volcánicos. Los podzoles forestales moderadamente profundos y fértiles son apropiados para su buen crecimiento, pero también tolera las arcillas y arcillas gravosas si tienen buen drenaje (Hoffmann, 1983 y Boland *et al.*, 1984 citados por Bauerle, 1997).

También es conocida con los nombres de mimosa plateada y acacia francesa. Es un arbusto grande o un árbol de dimensiones medianas con alturas que fluctúan entre los 6 - 15 metros. En Tasmania y Victoria alcanza sus mejores desarrollos llegando a 25 - 28 metros de altura con un fuste recto, coronado con una copa bien desarrollada, cónica o redondeada (Boland *et al.*, 1984).

Su corteza es de color café negruzco, dura y moderadamente fisurada en la base de los fustes viejos, pero en las partes más altas de éstos y en fustes de árboles jóvenes es más delgada, más suave y clara. Su duramen varía de un color castaño claro a rosado. Su densidad seca bordea los 630 kg/m^3. Presenta una veta atractiva, con una madera flexible y fácil de trabajar. Su follaje presenta un aspecto liviano y plumoso. Su color varía de verde claro a glauco - plateado.

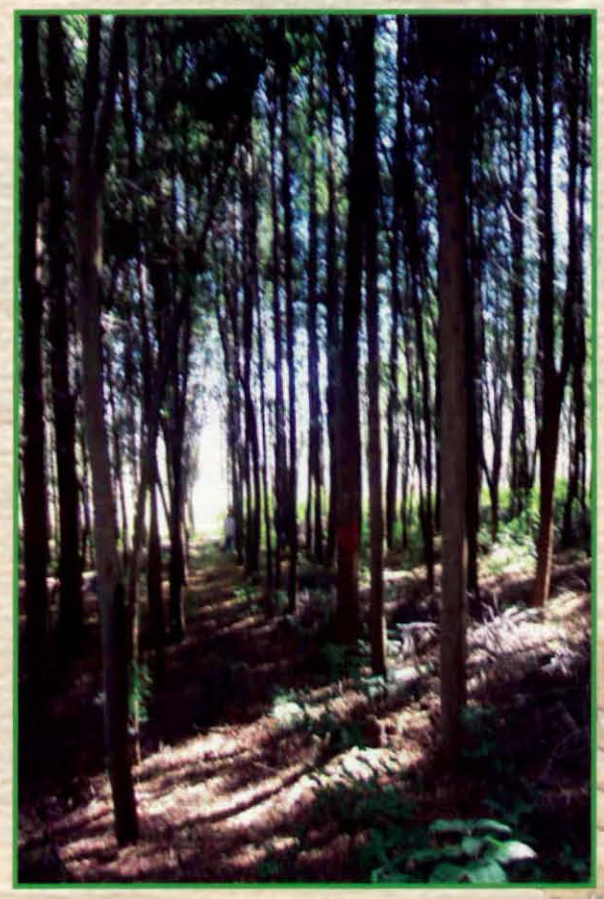


Figura 5. Árboles de *Acacia dealbata* (Antiquina, VIII Región).

En Chile, las acacias son conocidas a nivel industrial por sus propiedades madereras y pulpables, sin embargo, no existe un mercado formal que permita satisfacer una demanda continua de grandes volúmenes de madera y extraíbles, debido a que no existen superficies importantes plantadas con estas especies.

Se ha demostrado que gran cantidad de acacias ensayadas presentan un rendimiento pulpable dentro del rango de la pulpa comercial. No obstante las dificultades de blanqueo, en las propiedades del papel provenientes de las pulpas de acacias han sido generalmente buenas a muy buenas, teniendo una buena correspondencia entre la tensión y la opacidad para papeles finos.

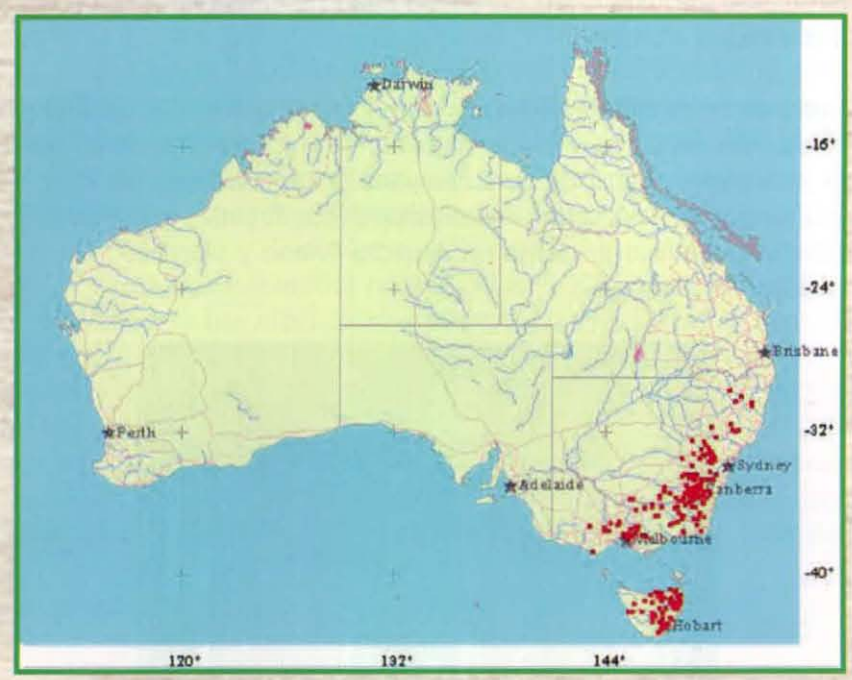


Figura 6. Distribución natural de *A. dealbata* en Australia
Fuente: ERIN, 1996

A. dealbata también es cultivada por su alto valor ornamental, su follaje gris plateado y su floración invernal profusa y llamativa. Las flores se emplean en la florería, por su gran duración al corte. En Tasmania es cultivada para la exportación de sus flores invernales. Existe una considerable industria al sur de Francia para la producción de ramas (Pinilla, 2000). Es popular en el comercio europeo de flores y se han realizado estudios para prolongar la duración de ramas cortadas. Además esta especie es una fuente importante de polen durante el invierno, lo que favorece la industria melífera. En Francia, una industria hace uso de las flores en la producción de perfumes. Los fabricantes franceses han reconocido su valor como suavizante y como fijador efectivo en perfumes de alta calidad. Por último, Natural Resources Conservation League de Victoria cataloga a esta especie como un árbol de condiciones forrajeras ideales.

En el último tiempo, en Australia y Nueva Zelanda, esta especie está siendo utilizada en la confección de muebles debido al atractivo de su madera, reportando excelentes propiedades y que es una madera fácil de partir y medianamente fuerte. Se reportan colores que varían entre café claro a un tenue rosa con una distintiva banda color blanco a crema. Sus ligeros tonos y distintivos anillos de crecimiento que puede crear un patrón listado han contribuido a incrementar su demanda para su uso en muebles. Cuando su madera es lijada y trabajada produce una superficie muy lisa, la cual se pule fácilmente (Figura 7) (Tasmanian Timber Promotion Board, 2000).



Figura 7. Madera de *A. dealbata*

2. *Acacia mearnsii y A. dealbata* para la Producción de Papel

Numerosas iniciativas se están llevando a cabo en Chile para diversificar las plantaciones forestales con el propósito de ampliar la base de sustentación de la silvicultura nacional y orientar una producción de mayor valor agregado hacia nuevos mercados, posibilitando junto con ello, que los pequeños productores accedan a nuevas alternativas de desarrollo económico y social.

No obstante los esfuerzos realizados, aún queda mucho por investigar, requiriéndose de nuevos estudios para complementar la información existente y generar alternativas de producción que permitan un buen aprovechamiento de las especies.

Estudios realizados en especies del género *Acacia* han demostrado que éstas destacan por su gran capacidad para adaptarse a diversos ambientes y por sus distintos usos potenciales, los que abarcan desde control de la erosión, recuperación de suelos, producción de forraje, estacas, taninos, pulpa, tableros y madera aserrada de alto valor comercial.

Experiencias realizadas en el CSIRO con acacias australianas han corroborado su rápido crecimiento y adaptabilidad en suelos degradados y su alta aptitud pulpable. *Acacia mearnsii* plantada en Sudáfrica es utilizada en la producción de pulpa kraft y sus astillas se exportan a Japón con este propósito. *Acacia dealbata* (Silver Wattle), una especie del sotobosque en los bosques de Tasmania, es mencionada como una especie de alta calidad pulpable por la empresa North Forest Product.

De especies como *Acacia mearnsii* y *Acacia dealbata* se han realizado ensayos que indican que todas producen buena madera pulpable, traduciéndose en altos rendimientos de pulpa kraft de fibra corta, dado su bajo contenido de lignina. Además, los procesos de pulpaje requieren de menor cantidad de productos químicos que otras especies, y el papel que se obtiene posee buenas propiedades de resistencia (Pinilla, 2000).

En relación con el estudio de las propiedades de la madera de *Acacia mearnsii*, se ha concluido que la resistencia mecánica de esta especie presenta atractivas perspectivas de uso, pues los valores obtenidos en los diferentes ensayos de propiedades mecánicas se encuentran dentro del rango de valores de otras especies utilizadas comúnmente en el país en una amplia gama de productos. De igual forma, la densidad de la madera de *Acacia mearnsii* es comparable con la densidad de la madera de *Eucalyptus globulus*, siendo su rendimiento en pulpa kraft alto y comparable con el obtenido con madera de esta última especie[1]. Las características de la pulpa blanca se comparan favorablemente con otras pulpas del mismo tipo que se transan en el mercado, siendo el consumo de madera de *Acacia mearnsii* para la producción de pulpa blanca de 4 m^3 por tonelada de pulpa seca. Esto indica que la madera de *A. mearnsii* presenta características físico mecánicas apropiadas para la producción de pulpa kraft blanca (Pinilla y Gutiérrez, 2000)

Las acacias tienen una densidad básica mayor en relación con otras latifoliadas de rápido crecimiento. Considerando que el pulpaje y las propiedades del papel obtenido son satisfactorios, la mayor densidad básica es una ventaja por la calidad de la pulpa debido a:

a) El mayor peso de astillas que puede ser acomodado en el digestor, lo cual incrementa la capacidad de producción, haciendo más eficiente el proceso.
b) En el caso de la exportación de astillas, el costo de transporte se reducirá, porque normalmente el pago se realiza sobre la base de volumen.

A partir de ensayos realizados se ha demostrado que varias de las Acacias presentan un rendimiento pulpable similar al logrado para la pulpa obtenida desde las especies usualmente utilizadas en forma industrial y comercial. Sin embargo, en el blanqueo, sólo la pulpa de *Acacia dealbata* ha alcanzado los niveles de blancura requeridos para la fabricación de papeles de alta calidad.

[1] Pinilla, J.C. y Hernández, G. 2004. Informe técnico "Propiedades de la Madera de *Acacia mearnsii* de Wild creciendo en Chile. I. Aptitud pulpable y contenido de extraíbles" (En edición).

En Chile, a pesar de tener un mercado que presenta grandes fluctuaciones de precios derivado de los escenarios mundiales, teniendo además, el nivel de precio un comportamiento de tipo cíclico, la pulpa y el papel siguen siendo los principales productos forestales, alcanzando una producción total de 2,7 millones de toneladas en 2002 y exportando 2,15 millones de toneladas por un monto de US$ 1.079,2 millones, FOB. La producción actual de celulosa y papel se basa principalmente en las especies pino (fibra larga) y eucalipto (fibra corta) en menor proporción.

En el país existen 11 fábricas de pulpas de madera (6 plantas de celulosa química y 5 de pulpa mecánica), con una pronta puesta en marcha de 2 nuevas plantas. La mayor capacidad de producción se concentra principalmente en los grupos Arauco y CMPC, las que consideran grandes planes de inversión para los próximos cinco años. Estos proyectos de inversión colaborarán en el crecimiento futuro de Chile tanto en el área de la producción papelera como de celulosa de mercado y para su realización definitiva deben esperarse situaciones políticas, económicas y financieras que favorezcan el nivel de inversiones esperados para los próximos años.

3. Acacia y los Taninos Vegetales

Los taninos son sustancias que se producen en diversas partes de las plantas, como son: corteza, frutos, hojas, raíces y semillas; a pesar de tener un origen común, la especificidad de las plantas da a los taninos diferencias en color, calidad y concentración.

El tanino es un compuesto que se oxida al contacto con el aire, inodoro, sabor agrio, soluble en agua, alcohol y acetona; reacciona con el cloruro férrico y otras sales; es combustible con un punto de inflamación de 199°C, temperatura de autoignición de 528,5°C; poco tóxico por ingestión o inhalación (Murcia, s/f).

Desde el punto de vista biológico los taninos son sustancias complejas producidas por las especies vegetales y tienen propiedades antisépticas o de conservación.

La clasificación de los taninos se hace con base en los siguientes dos criterios:

a) *Productos resultantes de la destilación seca: taninos hidrolizables y taninos condensados.*
b) *Origen: taninos fisiológicos y taninos patológicos.*

Los taninos condensados se presentan generalmente en la madera, la corteza y las raíces de plantas y están constituidos por unidades flavonoides, las cuales soportan diversos grados de condensación, contenido de carbohidratos y restos de aminoácidos.

Los taninos se presentan en especies vegetales de todo el mundo. Se han identificado aproximadamente 500 especies de plantas que contienen taninos. Entre las principales familias botánicas con importancia en la obtención de taninos se puede citar las siguientes: *Leguminosae, Rosaceae, Polygonaceae, Fagaceae, Rhyzophoraceae* y *Myrtaceae*. Algunos géneros son particularmente importantes en la producción de taninos; uno de ellos es el género *Acacia* (Poeggenpoel, 1978; Kannegiesser, 1990; Institute for Commercial Forestry Research, 1999; Pinilla, 2000).

Por otro lado, la producción de taninos en Chile es considerada de un gran potencial, dado su uso como materia prima industrial como también artesanal, siendo importados casi en su totalidad desde Argentina y Brasil.

En nuestro país se produjo taninos hasta la década de los 60, en plantas artesanales que usaban corteza de Lingue y Ulmo, y vainas de algarrobilla como materias primas, pero debieron cerrar debido, en gran parte, a la falta de materia prima y de técnicas eficientes de extracción, pese a su potencial económico e importancia social. Posteriormente se realizaron algunas experiencias en la extracción de taninos provenientes de corteza de Pino insigne para la fabricación de adhesivos de tipo fenólico.

Durante los últimos 4 años se han importado a Chile un total de 849 toneladas de taninos en diversas formas, (Extracto de acacia, Extracto de acacia mimosa weibull atomizada, Extracto de acacia modifica tipo natural uso en curtimbre, Extracto de acacia modificada macrosopec uso: industria de curtiembres, Barniz amoniaco de resina de acrilato agente humectante, Barniz glycol de resina de acrilato y estireno agente humectante y antiespuma y Barniz para imprenta de resina de acrilato y antiespumante, principalmente), con un costo de US$1.351.909. Los principales países de origen de estos productos corresponden a Brasil, Francia, E.E.U.U., Alemania, y Colombia[2]. Estos antecedentes dan una idea del negocio para plantadores y productores, siendo importante poder determinar la superficie crítica de plantación que puede generar una actividad productiva sostenible.

Acacia mearnsii, como especie forestal de rápido crecimiento y productora de taninos vegetales ofrece un gran potencial como materia prima para las empresas de curtiembres y talleres artesanales. Con la materia prima de taninos vegetales se puede obtener extractos para la industria química y de la curtiembre, y ser usados en la fabricación de adhesivos, acondicionadores de arcilla en la industria cerámica, material dispersante para reducir la viscosidad en la perforación del petróleo, en procesos de purificación de aguas, preservación de redes de pesca, manufactura de plásticos y como material espumante.

3.1 Producción de taninos vegetales

Actualmente la producción de taninos de origen vegetal es reducida, ya que en el mercado se consumen productos alternativos derivados de procesos químicos; así por ejemplo, se estima que en Estados Unidos sólo el 18% de los taninos comercializados se obtiene de especies del bosque templado. Entre los colorantes que tienen mercado en la industria textil también se sitúan los derivados de *Acacia* (Wrann, 1983; Turnbull, 1986; Kannegiesser, 1990; Pinilla y Gutiérrez, 2000).

El uso de colorantes (taninos), tintes o pigmentos de origen sintético domina el mercado y es el principal obstáculo para el desarrollo de los colorantes naturales; sin embargo, el sector alimentario ha regresado al empleo de colorantes naturales, cambio que ha sido forzado por el consumidor.

[2] Cámara de Comercio de Santiago, 2003

3.2 Aprovechamiento

En México y Brasil el aprovechamiento de corteza para uso industrial se realiza de forma extensiva por volumen, colocando el producto en los centros de acopio donde es procesado.

En Brasil, en el estado de Río Grande do Sul, la corteza para uso industrial se recolecta desde el fuste o ramas de hasta unos 5 cm de diámetro de árboles vivos o recién volteados. La fecha más usual de colecta es durante los meses de abril y mayo. La corteza se extrae aproximadamente a los 8 años, edad en que los árboles tienen un mayor contenido de taninos, el cual puede llegar al 30% bajo condiciones específicas de humedad.

La obtención continua de curtientes vegetales comprende cinco fases básicas, a saber: molienda, extracción, filtrado, decoloración y evaporación.

La corteza es cosechada manualmente y enviada a la planta, para que mediante procesos fisicoquímicos se realice la extracción del tanino, posteriormente se concentra por evaporación y se atomiza para obtener el polvo seco.

Con base en el tipo de presentación, los taninos se clasifican de la siguiente manera:

- **Concentrados líquidos**, los cuales requieren de mayor evaporación, son de consistencia semejante al caramelo, para poder vertirlos en sacos o cubas hasta quedar como un producto amorfo con un contenido de humedad del 20%; también se pasan por máquinas de presión para elaborar cubos de 2 a 3 cm de arista.

- **Extracto en polvo**, se obtiene al concentrar el tanino hasta un 45% en vacío, a continuación el producto es secado al vacío para reducirlo a polvo con una humedad del 5%.

Las concentraciones más comunes son las siguientes:

Presentación líquida 25 al 45% de tanino
Presentación sólida 45 al 65% de tanino
Presentación en polvo 55 al 70% de tanino



Bibliografía

Bauerle, P., 1997. Evaluación de procedencias de *Acacia melanoxylon* R. Br. y *Acacia dealbata* Linck en la etapa de vivero y diseño de un huerto semillero. Tesis de grado presentada para optar al título de Ingeniero Forestal - Universidad Austral de Chile - Facultad de Ciencias Forestales - Valdivia. 78 p. (sin considerar anexos).

Benedetti, S.; Valdebenito, G. y Wrann, J., 1998. Investigación silvícola para el desarrollo forestal del secano interior: la contribución del Instituto Forestal a la investigación en zonas áridas y semiáridas. Definiendo caminos para el siglo XXI. INFOR - Universidad de Chile - Universidad de Concepción.

Boland, D.; Brooker, M.; Chippendale, G.M.; Hall, N.; Hyland, B.P.M.; Johnson, R.D.; Kleinig, D.A. and Turner, J.D., 1984. Forest trees of Australia. Thomas Nelson and C.S.I.R.O. Melbourne. 687p.

Carnevale, J.A. 1955. Árboles Forestales: Descripción, cultivo y utilización. Buenos Aires - Argentina. Hachette S.A. 689p.

Chudnoff, M. 1984. Tropical timbers of the world. USDA For. Serv. Agric. Handbook N°607.

ERIN. 1996. The database of records of the occurrence of plants and animals in Australia. http://www.deh.gov.au/erin/about.html.

Grosse, H.; Kannegiesser, U.; Quiroz, y Santelices, R., 1990. Silvicultura de algunas Acacias Australianas. INFOR. Concepción - Chile. 78p.

Hall, N.; Johnson R.D. and Chippendale G.M. 1970. Forest trees of Australia. Aust. Govt. Publ. Serv. Canberra. 334 p.

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, 1998. Incorporación de especies del género *Acacia* a la producción forestal chilena. Formulario de presentación proyecto FDI INFOR - CORFO. Santiago 150 p.

INFOR, 1999. Incorporación de especies del género *Acacia a* la producción forestal chilena. Informe de avance. INFOR - CORFO. Concepción. 126 p.

INFOR, 2000. Informe gira tecnológica a Instituciones, Organismos de Investigación y Universidades de Sudáfrica. Documento Proyectos FDI *Acacia saligna* y Certificación Sanitaria de productos Forestales Primarios de Exportación. Santiago, Chile. Concepción, Diciembre 2000. 57p. más anexos.

INFOR, 2002. Masificación y Desarrollo de Opciones Productivas en Base a Especies de *Acacia* Probadas en Chile. Formulario de presentación proyecto FDI. INFOR-CORFO. INFOR- Concepción 150 p.

Institute for Commercial Forestry Research. 1999. Annual Research Report. Institute for Commercial Forestry Research. ICFR. Scottsville, South Africa. 116p.

Kannegiesser, U., 1990. Apuntes sobre algunas acacias australianas: 1. *Acacia mearnsii* De Willd. Ciencia e Investigación Forestal, Volumen 4 (2), Diciembre 1990. Instituto Forestal - Chile - Filial Corfo. Pp.198-212.

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.

Murcia S., C. S/f. El tanino. Historia, justificación, inversión y programación para abordar la instalación y estimación costo unitario del producto. Planta para extraer tanino a partir de corteza de pino insigne. Santiago, Chile. CORFO. 26p.

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

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

Pinilla, J.C. y Gutiérrez, B. 2000. Reporte de la Visita a Embrapa, Universidades y Empresas de Brasil. Documento de Proyecto FDI *Incorporación De Especies Del Género Acacia A La Producción Forestal Chilena*. Concepción, Octubre 2000. 48p.

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.

Poeggenpoel, P.V., 1978. Collection and pretreatment of seed of black wattle (*Acacia mearnsii*) seedorchards. Pages 85-90. In: Wattle Research Institute Annual Report 1977-1978.Pietermaritzburg. South Africa: Univ. of Natal.

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

Turnbull, J.W. 1986. Multipurpose Australian trees and shrubs. Lesser known species for fuelwood and agroforestry: ACIAR Monograph Num. 1, 316 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.

CAPÍTULO II

TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS Y PRODUCCIÓN DE PLANTAS

Juan Carlos Pinilla S.
María Paz Molina B.
Braulio Gutiérrez C.

Introducción

El interés por generar alternativas de diversificación forestal, con motivo de nuevos, productos y mercados, riesgo de negocios, precios y problemas fitosanitarios que se están presentando o podrían presentar las especies tradicionalmente cultivadas en nuestro país (*Pinus radiata y Eucalyptus sp.*), han conducido a estudios que permitan la incorporación de otras especies al proceso productivo.

A menudo la idea de diversificación forestal se limita al cambio de especies, sin embargo, es un proceso complejo que integra de modo simultáneo la selección de especies, productos, mercados, áreas geográficas y actores sociales, que participan del esfuerzo y negocio de las plantaciones forestales.

En este momento la diversificación apunta en dos direcciones: el estudio de especies de alto valor comercial, dada su escasez en el mercado internacional y por otra parte la búsqueda de especies multipropósito, de modo de integrar la componente forestal en un sistema productivo mayor, la cual puede contribuir a la economía predial a través de varios usos, entre otros: madera para pulpa, madera sólida, leña, miel, frutos, recuperación de suelos, forraje, o integrándose a métodos agroforestales como silvopastoreo, cortinas cortaviento, etc.

De acuerdo con lo anterior, un género promisorio para introducir en Chile, debido a su grado de adaptabilidad edafoclimática, diversidad de productos a obtener y su habilidad para recuperar suelos degradados, es *Acacia*, con sus especies *A. melanoxylon* R. Brown, *A. dealbata* Link *y A. mearnsii* de Wild.

El éxito en el establecimiento de rodales constituidos por las especies antes mencionadas estará determinado, en gran medida, por la calidad genética de las plantas, las técnicas apropiadas de viverización y las actividades de establecimiento de las plantaciones.

1. Abastecimiento de semillas

Uno de las primeras actividades para iniciar la producción de plantas es abastecerse de semillas en cantidad y calidad apropiadas para los fines productivos. Esta debe ser recogida o colectada desde los mejores árboles.

En Chile los mejores resultados se han obtenido con semillas provenientes de Australia. Este antecedente es vital al momento de definir que procedencias o que fuentes de semillas utilizar para futuros planes de forestación con esta especie (Cuadro 1, Figura 1).

Cuadro 1. Ubicación geográfica de las Procedencias de *Acacia dealbata*

PROCEDENCIAS				
LOCALIDAD	N°	LAT. S	LONG. E	ALT
SSE Snug (Tasmania)	16385	43°06'	147°14'	143
S Orford (Tasmania)	16384	42°41'	147°52'	120



Figura 1. Semillas de *Acacia* de origen australiano

La semilla puede ser comprada directamente a proveedores confiables, o en su defecto organizar campañas de recolección. En cualquier caso, se debe cautelar que la semilla a utilizar sea de origen conocido y adecuado (procedencia) para el lugar donde se realizará la plantación.

Una opción a considerar, en especial frente a la disponibilidad de recursos, es utilizar semillas recolectadas de árboles cercanos al lugar de plantación. De esta manera se producirán plantas mejor adaptadas, que provendrán de "semilla local", es decir, semillas de un área sujeta a influencias climáticas similares.

Sin embargo se recomienda recolectar semillas de árboles seleccionados por algunas características de forma (rectitud, altura, forma), desarrollo de copa, maduros, sanos y vigorosos, evitando la colecta de semilla de individuos aislados, débiles, con presencia de plagas o enfermedades. Para ello generalmente se utilizan áreas productoras de semillas, selección de árboles plus, o la formación de huertos semilleros (Figura 2).



Figura 2. Árbol seleccionado de *Acacia melanoxylon*, Futrono, X Región

Ya sea que la semilla se compre o se recolecte, es preciso efectuar en forma previa una determinación de la cantidad de semillas a utilizar para satisfacer el volumen de producción de plantas programado.

La cantidad necesaria de semillas para una producción proyectada de plantas es posible estimarla de acuerdo a la calidad de la semilla, estimación del porcentaje de germinación efectiva y estimación de la pérdida durante la viverización. De acuerdo a lo anterior, Arnold (1996) señala la siguiente formula:

$$S = (Np) / (Ns * fv * fge * fp)$$

en que:

S = cantidad de semilla en kilogramos, necesaria para cubrir la producción de plantas del vivero
Np = número de plantas a producir
Ns = número de semillas por kilogramo
fv = factor de viabilidad[3]
fge = factor de germinación efectiva[4]
fp = factor de pérdida durante la viverización

Ejemplo:

Número requerido de plantas (Np) : 250.000
Número de semillas por kg (Ns) : 125.000
Factor de viabilidad (fv) : 0,55 (55%)
Factor de germinación efectiva (fge) : 0,35 (35%)
Factor de pérdida en viverización (fp) : 0,65 (35% pérdida durante viverización atribuibles a ataque de plagas, manipulación y selección.)

Cantidad de semillas requeridas (S): 15,98 kg.

Idealmente, la semilla debe provenir de fuentes confiables (Áreas Productoras de Semillas, Huertos Semilleros) que logren demostrar ser apropiados para la zona que se pretende forestar. Si no se cuenta con esa información se puede trabajar con semilla local.

Si la semilla a utilizar proviene del exterior, la normativa indicada por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) señala que la importación de semilla debe consignar un Certificado Fitosanitario que indique que se aplicó un tratamiento de desinfección con Captan, Thiram u otro fungicida mercurial-orgánico y fumigación con Bromuro de Metilo en dosis de 32 g/m3 de cámara, durante 2,5 horas si la temperatura fluctúa entre 26,7 y 35,6°C en condiciones de presión atmosférica.

Junto con lo anterior se debe tener presente que existirán costos por almacenaje, traslados y trámites en Aduana, cuyo valor dependerá del monto de semillas a adquirir. Como referencia se puede mencionar que en Australia las semillas de estas especies se cotiza en un valor aproximado de US$0,9 a US$2/g.

[3] *Porcentaje de semillas viables en relación al número de semillas por kilo*
[4] *Porcentaje de plántulas emergidas en relación al número de semillas viables por kilo.*

En el caso que la semilla se recolecte en forma directa, se deben considerar los siguientes aspectos (Pinilla, Molina y Gutiérrez, 2004):

1.1 Época de recolección

La cosecha de semillas debe realizarse cuando los frutos se encuentran maduros, es decir, entre los meses de febrero y marzo, antes de que éstos se abran, ya que son dehiscentes. La época de maduración varía de acuerdo a las condiciones ambientales y, por ende, de la zona geográfica en la cual se encuentran. El indicador de maduración de frutos y semillas más usado, es el basado en la detección de cambios externos del fruto. Para las especies de *Acacia* es recomendable observar el cambio de color del fruto, que se torna café en su madurez.

1.2 Forma de recolección

La obtención de semillas de las tres especies en estudio se realiza mediante la recolección de vainas, ya sea cortando las ramas de los árboles seleccionados, sacándolas directamente de las copas o, simplemente, colocando una lona en el suelo alrededor del árbol para luego sacudir éste.

Las semillas se extraen del fruto pisando o golpeando las vainas acumuladas en mallas o sacos (Figuras 3 y 4). El material recolectado se limpia, separando las semillas de la cubierta del fruto y otras impurezas, y se embala etiquetándolo con la información sobre especie, lugar y fecha de recolección.



Figura 3. Escalamiento de árbol Plus de *A. dealbata* para cosecha de semillas (Antiquina, VIII Región)



Figura 4. Cosecha de semilla de *Acacia dealbata* (Antiquina, VIII Región)

1.3 Manejo

El manejo de semillas incluye todas aquellas actividades que deben realizarse desde su colecta hasta que éstas se encuentren aptas para la siembra. Estas actividades son: limpieza y secado, clasificación, pruebas de viabilidad y germinación, almacenaje y tratamientos pregerminativos (Figura 5).



Figura 5. Manejo de semillas en laboratorio

1.4 Limpieza y secado

La limpieza de semillas tiene por objetivo eliminar todas aquellas impurezas acumuladas durante el proceso de recolección, tales como: hojas, restos de ramas, fragmentos de vainas y semillas en mal estado. Esta operación se realiza mediante un tamiz o harnero o bien en forma manual, hasta lograr semillas totalmente libres de impurezas. Una vez separadas las semillas es recomendable asolearlas para que pierdan humedad, con eso se evita la proliferación de hongos en el almacenamiento. De este modo se asegura que la semilla perdure un año o más.

1.5 Calibración

Las semillas se calibran de acuerdo a su tamaño, almacenándose en envases de acuerdo a categoría de tamaño o peso. Si se requiere, se pueden identificar según su procedencia y árbol del cual fueron extraídas. Las semillas pequeñas por lo general tienen menor viabilidad y toman más tiempo en germinar.

La no calibración de las semillas redunda en una producción de plantas heterogéneas, lo que involucra incurrir en mayores costos posteriores en su manipulación (ordenamiento de plantas, aplicación diferenciada de productos, etc.). Además, la no calibración puede reducir el crecimiento en el vivero, considerando también, que plantas de menor tamaño generalmente presentan un mal desarrollo o menor sobrevivencia en el lugar de plantación.

1.6 Análisis

Cuando la semilla se adquiere a proveedores formales y reconocidos, las características físicas de las semillas (en especial la cantidad de semilla a sembrar para obtener un determinado número de plantas) deben estar señaladas en los envases correspondientes. Sin embargo, a modo de información se puede mencionar que los parámetros que frecuentemente se determinan en laboratorio son: pureza, viabilidad inicial, capacidad germinativa y número de semillas por kilogramo.

Los procedimientos para determinar estos parámetros están normados y corresponden a:

a) Pureza

Se obtiene una muestra de semillas de 50 g y se somete a un proceso de tamizado, lo que permite eliminar impurezas. Posteriormente se pesa la semilla pura. La fórmula utilizada para este cálculo es la siguiente:

$$P = (Pl / Pi) * 100$$

En que:

P = Pureza en porcentaje
Pl = Peso de semillas sin impurezas (g)
Pi = Peso de semillas con impureza (g)

b) Capacidad germinativa (CG)

La capacidad germinativa representa el porcentaje de semillas germinadas con respecto al total de semillas sembradas (Czabator, 1962; Hartmann y Kester, 1977; citados por Ordoñez, 1987). Para su determinación se realizan ensayos de germinación en cámaras especiales cuidando de mantener condiciones adecuadas de humedad y temperatura, utilizando un proceso de evaluación normado internacionalmente.

$$CG = \frac{N° \text{ Semillas germinadas} \times 100}{N° \text{ de Semillas totales}}$$

c) Número de semillas por kilogramo

La determinación del número de semillas por kilogramo se inicia pesando 3 muestras de 1.000 semillas. Luego se calcula el promedio obtenido de las muestras, y utilizando una regla de tres simple, se obtiene el número de semillas por kilogramo.

d) Pruebas de viabilidad

Las pruebas de viabilidad determinan si el embrión está sano y dan una orientación de la capacidad de germinación de la semilla al momento de la siembra. Éstas se realizan con el objetivo de conocer la calidad de las semillas, lo que permite obtener una relación más precisa entre la cantidad de semillas a utilizar y el número de plantas que se desea producir.

Entre los métodos para probar la viabilidad de las semillas están:

• *Prueba de corte*

Este consiste en partir con un bisturí cada semilla de una muestra determinada (por lo menos 50 unidades), y se observa el color del endosperma. En caso de semillas muy duras, se podrán abrir o aplastar con algún sistema de presión, cuidando de no destruir el endosperma. Un endosperma de color blanco es indicador de viabilidad en la semilla.

• *Prueba de flotación*

Para las especies del género *Acacia* el método más utilizado para determinar la viabilidad es el de flotación, que consiste en obtener una muestra al azar de semillas (mínimo 50), y remojarlas por 24 horas en agua fría. Las semillas viables se irán al fondo del recipiente, mientras que las semillas vanas o estériles flotarán. Este sistema puede aplicarse sin necesidad de laboratorio y es eficiente para la cuantificación de la siembra a realizar. Idealmente se debe utilizar 3 muestras y obtener un promedio.

• *Test de tetrazolio.*

El test de tetrazolio consiste en humedecer un grupo de semillas con Cloruro Trifenil Tetrazolium. Si el embrión de la semilla está vivo se transforma por reducción en Formazan, de un color rojo insoluble (Krassmann, 1981, citado por Pinilla, 2000). Los embriones no viables no manifiestan un cambio de color.

1.7 Almacenamiento

Las semillas pueden almacenarse en bolsas plásticas u otro tipo de contenedor como bolsas de papel, frascos, etc., colocándolas en un ambiente seco y frío entre 2° y 5°C (refrigerador), con su respectiva rotulación (Figura 6). Es aconsejable aplicar un fungicida en polvo especialmente recomendado para semillas, como por ejemplo Pomarsol®. De este modo se previene el ataque de hongos que puedan surgir como consecuencia de cambios de temperatura involuntarios dentro de la cámara de frío o refrigerador, especialmente cuando la semilla será almacenada por más de una temporada.



Figura 6. Cámara de Frío y Refrigerador para conservación de semillas
Fuente: Archivo INFOR

2. Tratamientos pregerminativos

Las semillas de las especies consideradas poseen una cubierta dura e impermeable. Por esta razón, el objetivo de los tratamientos pregerminativos es ablandar o alterar la testa para permitir la entrada de agua. De acuerdo a este objetivo se pueden reconocer 2 tipos de tratamientos: *Húmedo y Seco.*

El método húmedo corresponde a la inmersión en agua caliente (90° C), en ácidos, solventes orgánicos o alcoholes.

El método seco se refiere al uso de temperatura, energía microondas o radiante, para afectar la cubierta o testa de la semilla (escarificación), en especial en aquellas semillas que presentan una cubierta dura. Este puede ser un proceso manual o mecánico. Ejemplos de escarificación manual es el uso de lija o restregar con arena para afectar la testa de la semilla.

Con estos métodos se rompe la latencia de cubierta. Para acelerar y homogeneizar el proceso de germinación y disminuir el período crítico entre la germinación y la emergencia de las plántulas, las semillas pueden ser sometidas a una *estratificación*, que es el proceso que simula los mecanismos para romper la latencia que se dan en la naturaleza por el frío y humedad propios del invierno.

La estratificación no es un tratamiento indispensable en las acacias, ya que su latencia se debe a la existencia de una capa externa dura, impermeable a la entrada del agua. Sin embargo tiene un efecto positivo en el vigor de la semilla.

En general, la estratificación corresponde a un tratamiento frío y húmedo que simula las condiciones invernales, cuya duración, en general, debe ser mayor a 3 semanas. Se debe procurar que las condiciones de frío no sean inferiores a 2° a 3°C.

A continuación se describen los tratamientos pregerminativos usualmente utilizados para algunas especies de *Acacia* (Pinilla, Molina y Gutiérrez, 2004).

2.1 Acacia melanoxylon

En aromo australiano, los tratamientos más eficientes para estimular la germinación son, remojo en agua caliente o hirviendo y la escarificación. La escarificación en ácido sulfúrico (H_2SO_4 al 95%) requiere considerar condiciones de seguridad en su manipulación y usar elementos de protección personal como guantes, mascarilla, antiparras, etc. El ácido corroe la testa dejándola blanda y pegajosa. El tiempo de remojo varía entre 20 a 60 minutos. Las semillas a tratar se colocan en un recipiente de vidrio o plástico resistente y se les vierte el ácido a razón de dos partes por una de semillas (por ejemplo: 50 gramos de semilla, requiere utilizar 100 cc de ácido). Cada cierto tiempo es conveniente revolver las semillas para que no se peguen entre sí. Una vez coladas, deben ser sumergidas en un recipiente con agua o puestas bajo un chorro de agua corriente por al menos 10 minutos (Doran *et al.*, 1983).

Cuando se realiza la escarificación con ácido sulfúrico, los operarios deben trabajar con ropa y guantes de goma, además de gafas protectoras. Nunca se debe mezclar el agua con el ácido, ya que esto genera una reacción violenta. Las semillas no deben ser puestas a remojar en el ácido estando húmedas, ya que la temperatura se eleva bruscamente y pueden resultar dañadas.

Según De Zwaan (1978), el porcentaje de germinación de semillas frescas de *Acacia melanoxylon* es alto, fluctuando entre 99 y 100%, siempre que se hayan seguido las instrucciones explicadas anteriormente, en cuanto a manipulación, almacenamiento y tratamientos pregerminativos.

Las semillas también pueden ser tratadas sumergiéndolas en agua hirviendo por uno a tres minutos. Lo ideal es mantener la temperatura del agua bajo el punto de ebullición (90°C), ya que de esta forma aumenta considerablemente la capacidad germinativa (Grosse *et al*, 1990).

Las semillas sumergidas en agua hervida durante 30 segundos y dejadas en el mismo recipiente hasta que el agua alcance temperatura ambiente, presenta el mayor porcentaje de germinación a los treinta días, además de una mayor velocidad de germinación (Grosse *et al.*, 1990).

El fuego también presenta un efecto positivo sobre la germinación. Después de incendios, que forman parte del ecosistema australiano, aparece generalmente una regeneración coetánea abundante de *Acacia melanoxylon.* Sin embargo, la acción del fuego puede favorecer la propagación de esta especie, y que se constituya en maleza en algunos casos.

2.2 Acacia mearnsii

Para asegurar una rápida germinación de las semillas de *Acacia mearnsii,* al igual que otras acacias, se debe poner fin a la latencia de cubierta antes de la siembra. La escarificación mecánica puede ser muy efectiva, pero las semillas comúnmente son tratadas en agua caliente (90°C-100 °C), por cerca de un minuto (Poeggenpoel, 1978; citado por Pinilla, 2000). Luego se drenan y se lavan con agua fría para eliminar impurezas y el mucílago. Una vez limpias, se esparcen sobre sacos y se dejan secando a la sombra. La semilla tratada y seca de esta forma puede almacenarse 2 a 3 años sin que pierda su viabilidad. Las semillas germinan entre 10 a 12 días después de ser sembradas.

Otro método que se utiliza para acelerar la germinación es el remojo en agua a 100°C, hirviendo la semilla durante dos minutos y luego dejándolas enfriarse en la misma agua por 24 horas.

2.3 Acacia dealbata

De acuerdo a experiencias de INFOR, las semillas deben ser hervidas durante 1 minuto y dejarlas en remojo entre 12 y 24 horas. Para las especies del género *Acacia,* en general, se recomienda sumergir la semilla en agua hirviendo en una relación de cinco partes de agua por una de semillas. Finalmente, se deja que el agua y las semillas se enfríen, para luego secarlas y guardarlas en un lugar fresco y seco (Doran *et al.*, 1983).

Estudios de INFOR han señalado que aproximadamente entre 28 a 30 días luego de la siembra se alcanza un 80% de germinación.

Otra alternativa a utilizar es el tratamiento con ácido sulfúrico, siguiendo el mismo procedimiento que para *Acacia melanoxylon.*

3. Siembra y Labores Culturales

La siembra de *A. melanoxylon*, *A. dealbata* y *A. mearnsii* se realiza en forma manual, directamente en los contenedores. Esta actividad se realiza entre los meses de agosto y octubre dependiendo de la localización del vivero. Al decidir cuando realizar la siembra se debe considerar la duración del período estival, sobre todo si la producción de plantas se realiza a la intemperie. En este sentido, si el vivero se ubica hacia el norte de la distribución de *Acacia* (V Región), la siembra puede ser realizada durante noviembre o diciembre, mientras que si el vivero se ubica hacia la zona sur del país, esta actividad debe ser realizada no más allá del mes de octubre.

En viveros que cuenten con instalaciones para producir plantas en ambientes controlados mediante el uso de invernaderos, independiente de su ubicación, la siembra puede ser realizada hasta el mes de diciembre.

Se recomienda, de acuerdo a la experiencia de INFOR, colocar 2 semillas de *Acacia* por contenedor, para posteriormente realizar un raleo o repique con el objeto de dejar una plántula por contenedor.

Previo a la siembra, es necesario regar los contenedores para asegurar la humedad óptima. Posteriormente se realizan los orificios donde se depositarán las semillas. La profundidad de siembra dependerá del tamaño de la semilla, recomendándose una profundidad de siembra igual al doble del diámetro de la semilla, de esta manera se evita que sea removida por el agua de riego. De igual forma, se puede poner la semilla sobre el sustrato y luego agregar una delgada capa de sustrato fino (Figura 7).

Se ha demostrado que el uso del invernadero durante la etapa de germinación es altamente recomendable para la homogenización y porcentaje de germinación.

Como labores culturales se entienden todas aquellas actividades destinadas al cuidado de las plantas posterior a la germinación, tales como: control de temperatura, fertilización, control de luminosidad, riego, aplicación de pesticidas y desmalezado.



Figura 7. Fases Siembra de semillas de *Acacia*: Semillas pretratadas, siembra en contenedores y vista de contenedores luego de la siembra.
Fuente: Archivo INFOR

3.1 Control de temperatura

Es importante cubrir el vivero con malla Ruschell u otra estructura de manera de proteger y dar sombra a las platabandas a objeto de evitar la deshidratación de las plantas, especialmente cuando se realizan actividades de repique y transplante. En el caso que la temperatura aún siga siendo elevada, la situación se controla mediante la aplicación de agua con el sistema de riego.

3.2 Fertilización

Los requerimientos nutricionales de las plantas varían de acuerdo al estado de desarrollo en que se encuentran. En las primeras etapas de desarrollo la planta requiere fortalecer su sistema radicular secundario, con el objeto de aumentar su eficiencia en los procesos de absorción. En esta etapa la fertilización debe ser rica en fósforo. Cuando inicia el crecimiento en altura y diámetro del tallo, en la etapa de máximo crecimiento, la fertilización debe aportar una mayor cantidad de nitrógeno.

Una vez alcanzada la altura ideal de la planta (30 a 35 cm), esta entra en un período de endurecimiento o acondicionamiento por lo que la fertilización debe ser reforzada con potasio y calcio.

Los métodos de fertilización más utilizados son: la fertirrigación (que consiste en la aplicación de nutrientes a través del riego) y la aplicación de fertilizantes de liberación lenta. El sistema más recomendado es el de fertirrigación, cuyas ventajas principales son:

- *Control preciso de la concentración y el balance de los elementos nutricionales disueltos en el agua de riego.*
- *La posibilidad de cambiar completamente la solución nutritiva en cualquier momento.*
- *La reducción del riesgo de sobrefertilización, y por lo tanto de salinización del sustrato.*

Actualmente en el mercado nacional existe una gran variedad de productos con las combinaciones adecuadas al estado de desarrollo de la planta. Dentro de las marcas utilizadas se encuentran Peters Professional de Scotts® y Ultrasol de Soquimich.

Para el caso específico de la producción de plantas de *Acacia* se recomienda, además, fertilizar por vía foliar. A las tres semanas de germinadas las semillas se puede fertilizar con Bayfolan® (fertilizante foliar; 11-8-6 de N, P y K) en una dosis de 2 cm^3 por litro de agua. Éste se aplica cada tres días con una bomba de espalda.

3.3 Control de luminosidad

Las especies arbóreas poseen distintos requerimientos de irradiación y algunas se benefician con el sombreado artificial que les proporciona el vivero, tal es el caso de las especies tolerantes y semitolerantes. Las plántulas de *Acacia* son afectadas por los rayos solares que llegan directamente y con gran intensidad en época de verano. Por esta razón son protegidas, proporcionándoles sombra mediante, por ejemplo, la instalación de malla Ruschell.

En algunas ocasiones se presenta una etiolación de las plantas, la cual se manifiesta en una elongación anormal del tallo y un cambio de color a tonos amarillos, lo que puede indicar la falta de luz o alta densidad de siembra. Tonos rojizos pueden señalar problemas de frío. Dadas estas implicancias es necesario velar por la correcta aplicación del control de luminosidad y protección.

3.4 Riego

Según Navarro y Pemán (1997), el riego debe ser establecido en función de las fases de crecimiento de las plantas, así como de la demanda evaporativa.

Por otra parte, deben tomarse todas las precauciones si se utilizan fuentes de agua no potable, recomendándose un análisis completo de su calidad antes del uso, para evitar pérdidas por toxicidad o agentes abióticos.

Durante el período de germinación los requerimientos de agua son bajos, por esta razón los riegos deben ser ligeros, aunque frecuentes, debido a que la zona de absorción de agua se limita al volumen de sustrato que rodea a la semilla. Si esta zona se seca la germinación se retrasa. Se debe tener especial cuidado en no dejar al descubierto la semilla por acción de la presión del agua.

Durante la fase de crecimiento rápido, el agua deberá ser aplicada de manera que satisfaga la demanda evaporativa de la planta y del sustrato, ya que el consumo de agua se extiende por todo el contenedor conforme aumenta el sistema radicular (Ocaña, 1995). A diferencia de la fase anterior aquí los riegos son con menor frecuencia, pero con mayor volumen de agua.

Durante la fase de acondicionamiento o endurecimiento se busca preparar la planta para su adaptación en terreno, lo cual requiere un endurecimiento del tallo. Esto se logra disminuyendo la frecuencia de riego y el volumen de agua, con el fin de someter a la planta a un estrés hídrico similar al que encontrará en el lugar de plantación.

Un criterio importante a considerar al momento del riego es la uniformidad de éste para lograr una homogeneidad en el desarrollo de las plantas. Entre los problemas que habitualmente se presentan por falta de uniformidad en el riego están: enfermedades radiculares, estrés por humedad y deficiencias por nutrientes. Estos problemas pueden ocurrir debido a un diseño inadecuado en el sistema de riego, obstrucción de aspersores por agua sucia o equipos de riego deteriorados, lo que se soluciona con un buen programa de mantención del sistema de riego.

El riego a que deben ser sometidas las plantas en el vivero busca mantener una humedad adecuada para el desarrollo de las mismas. El riego adecuado es variable de acuerdo a lo localización del vivero como también en relación al estado de desarrollo de las plantas. En cuanto a la localización del vivero o bien en la época del año de que se trate, la tendencia es a mantener el sustrato húmedo, pero nunca saturado. En muchos casos será conveniente evaluar la condición del sustrato para determinar cuanto será la cantidad y frecuencia del riego. En general en las primeras etapas desde la emergencia hasta el primer mes de las plantas los riegos se aplican 2 veces al día, después de ello sólo una vez. En la etapa de endurecimiento de las plantas, aproximadamente un mes y medio antes de la plantación el riego puede espaciarse a día por medio.

En cuanto al sistema de aplicación, ello dependerá del grado de automatización del vivero. Existen distintos sistemas como son desde programación automática del riego hasta la aplicación manual. En los primeros los más utilizados son por aspersión y FOG, ambos incluirían una programación automática que señale frecuencia y duración del riego. En el caso del sistema FOG o niebla, su uso debe restringirse a invernaderos, dado que la gota de agua puede ser fácilmente dispersada por el viento. Dentro de los sistemas manuales también se incluyen aspersores, pero de manipulación humana en cuanto a frecuencia y duración. A este grupo también pertenece la regadera y las mangueras con un tipo de pitón adecuado.

Las fases de desarrollo de las plantas se pueden apreciar en las Figuras 8 a 12.



Figura 8. Germinación de la semilla de *Acacia* (con cotiledónes)



Figura 9. Germinación de la semilla de *Acacia* (con hojas verdaderas)



Figura 10. Plantas de *Acacia* en germinación



Figura 11. Manejo de las plantas en vivero



Figura 12. Plantas de *Acacia* en platabandas. Vivero INFOR Sede Bío-Bío

3.5 Control de enfermedades y plagas

La detección de los problemas fitosanitarios en vivero se efectúa reconociendo los síntomas y los signos de daño o enfermedades causados por agentes bióticos (hongos, insectos, nemátodos, animales, etc.) o abióticos (factores meteorológicos, contaminantes, deficiencias, etc.). De no tomar medidas preventivas para evitar la aparición de agentes de daño, siempre es posible que estos surjan en cualquier etapa de la viverización. La presencia de hongos, normalmente se detecta por marchitamiento o caída de plantas, coloraciones o decoloraciones especiales generalmente desde el nervio principal de la hoja. En el caso de insectos, los síntomas más característicos se refieren al desarrollo irregular en las bandejas, perforaciones o cortes de hojas o tallos, etc. En algunos casos la caída de plantas sanas, puede señalar la presencia de insectos en estado larvario en las raíces.

En el caso de factores abióticos, los más frecuentes se refieren a daños por heladas, los que se manifiestan por la pérdida del ápice principal o quemaduras esféricas en las hojas.

Las enfermedades o daños detectados en viveros con *Acacia sp* no distan de las tradicionalmente encontradas en las producciones de plantas con otras especies. Estos daños se refieren a Botritis (Moho gris), Oidio e insectos (pulgones) en el período estival. El control de estas enfermedades y plagas es posible hacerlo con un programa preventivo que considera la aplicación periódica de fungicidas e insecticidas adecuados a cada una de ellas. También existen productos de tipo curativo que es conveniente sólo aplicarlos cuando la enfermedad se ha evidenciado.

Algunos de los productos disponibles en el mercado para el control de plagas y enfermedades detectadas en viveros corresponden a:

- *Botritis: Euparen (Bayer), Captan (BASF)*
- *Oidio: Bayleton (Bayer), Saprol (BASF)*
- *Insectos en general: Tamaron (Bayer), CYREN® 48 EC (BASF)*

Las dosis de estos productos pueden variar de acuerdo al estado de desarrollo de las plantas y del objetivo de la aplicación, es decir para uso preventivo o curativo. Por normas establecidas los envases especifican las dosis y periodicidad de aplicación según el caso.

En general las enfermedades como Botritis y Oidio se presentan por condiciones ambientales favorables como son temperaturas suaves y humedades altas (entre 70 a 80%). A modo de prevención es aconsejable mantener una buena ventilación de las plantas. Una vez que la enfermedad ha aparecido, las plantas infectadas deben ser separadas de las sanas. Cabe señalar que a pesar de ser estas enfermedades comunes son bastante graves y pudieran infectar a toda la producción de plantas en 48 horas.

Una vez que las plántulas emergen, se recomienda pulverizar preventivamente las platabandas con algún fungicida como Captan® 80, con una dosis de 36 g diluidos en veinte litros de agua, alternado con la aplicación de Pomarsol Forte®, en dosis de 35 g diluidos en veinte litros de agua. Estas cantidades permiten una aplicación para 10.000 plantas aproximadamente.

Para el control de insectos en forma preventiva se puede aplicar Tamarón 600 en dosis de 30 cc diluidos en quince litros de agua, lo que permite abarcar 10.000 plantas aproximadamente.

Si a pesar de las aplicaciones preventivas se detecta la presencia de algún agente biótico, no basta con aumentar las dosis de los productos, sino que se debe cambiar a productos alternativos de iguales efectos. Se debe recalcar que el aumento de las dosis para fines curativos puede acarrear toxicidad en las plantas. La toxicidad en general se manifiesta por cambios bruscos de coloración del follaje (a un color amarillo) o espiralamiento de hojas y tallo.

3.6 Desmalezado

La aparición de malezas es un problema frecuente en viveros, que se origina por el transporte de semillas a través del agua de riego, del sustrato o del viento. Estas malezas deben eliminarse tempranamente a fin de evitar la competencia con las plantas en producción. Si la desinfección del sustrato ha sido adecuada, normalmente la aparición de maleza será mínima, pero siempre será necesario efectuar alguna limpieza. En contenedores con plantas, las malezas deben ser extraídas manualmente y en forma temprana, de modo de no comprometer el sistema radicular.

4. Sustrato

Se refiere al tipo de material sobre el cual germinarán las semillas y se desarrollarán las plantas durante todo el proceso de viverización. El sustrato y su manejo influyen considerablemente en las características fotosintéticas y en la tasa de supervivencia de las plantas, aportando una correcta nutrición mineral.

En general los sustratos utilizados corresponden a: corteza de pino sola o con combinaciones con vermiculita o arena, los cuales exhiben una porosidad adecuada y por ello facilitan la generación de un sistema radicular fibroso y ramificado en todas las direcciones. Adicionalmente el pH que poseen es el adecuado para la mayoría de los cultivos. Según Tinus y Mc Donald (1979) la Capacidad de Intercambio Catiónico de la corteza de pino por si sola no es muy alta (lo que está directamente relacionado con la disponibilidad de nutrientes), pero esta aumentaría si se utiliza la corteza de pino mezclada con algún otro sustrato y con ello aumentaría su receptividad a la incorporación de elementos nutricionales como N, P, K o microelementos.

La utilización de este tipo de sustratos va acompañada de la incorporación de fertilizantes de lenta entrega que son mezclados con el sustrato previo al llenado de contenedores. En el mercado se pueden encontrar Osmocote y Basacote.

El sustrato de las plantas cultivadas en contenedores debe cumplir con ciertos requerimientos como son: tener una elevada capacidad de retención de agua, poseer una alta capacidad de intercambio catiónico que permita crear una reserva de nutrientes entre las aplicaciones de fertilizante, amortiguar cambios de pH y poseer una alta porosidad que facilite el correcto intercambio gaseoso y desarrollo radicular. La función última del sustrato es anclar la planta al envase y mantenerla en posición vertical. La capacidad de soporte del sustrato depende de su densidad (peso específico) y rigidez.

Entre los tipos de sustrato más conocidos se encuentran la corteza de pino radiata compostada, la turba y diversas mezclas de suelo. Estos pueden ser mezclados con algún otro material, como perlita, vermiculita, arena y piedra volcánica, para mejorar su porosidad.

La corteza de pino radiata compostada, actualmente es el sustrato comercial más utilizado en Chile, debido a su disponibilidad y a sus buenos resultados en el desarrollo de las plantas. Por medio de la técnica de compostación aeróbica se transforma la corteza en un medio de cultivo el cual se caracteriza por ser: aséptico, inerte, de bajo peso, de alta porosidad y de buena retención de humedad (Cabrera, 1995).

Para la producción de plantas de *Acacia* en el vivero de INFOR (sede Bío Bío), el sustrato utilizado corresponde a corteza de pino tamizada. La corteza de pino es ácida, con baja fertilidad inicial y posee un 43% de porosidad interna, lo que posibilita la cohesión del agua para el crecimiento de la planta (Ballester-Olmos, 1995).

La corteza es preparada mezclándola con Osmocote® 14:14:14 (fertilizante N, P, K) en una relación de tres a cuatro kilos de este producto por metro cúbico de corteza. Este fertilizante posee un efecto residual de tres a cuatro meses, por lo cual se utiliza en plantas de ciclo corto o como complemento en ciertas etapas del crecimiento.

Previo a la aplicación de fertilizante al sustrato se realiza la desinfección de éste con el fin de eliminar insectos, hongos y semillas de malezas. En los viveros de INFOR se utilizan dos procedimientos para este fin. Uno es la aplicación de Basamit® granulado en dosis de 200 a 250 g por metro cúbico de sustrato, para lo cual se prepara una cancha de desinfección. El producto es aplicado con bomba de espalda. El otro procedimiento se basa en la utilización de gases fumigantes como es el Bromuro de Metilo, en dosis de 35 a 45 g por metro cúbico de volumen.

Este último procedimiento requiere un manejo muy cuidadoso debido a la alta toxicidad del gas. El sustrato y el desinfectante se cubren con polietileno sellando sus bordes. Se mantiene cubierto durante tres días, al cabo de los cuales se destapa para permitir la ventilación del sustrato durante dos a tres días (Figura 13).

Es necesario señalar los riesgos que involucra el uso de Bromuro de Metilo, independiente de su eficiencia, por lo que se debe extremar las precauciones al momento de su uso. Con respecto a este producto, existen acuerdos internacionales que prohibirán su uso a partir del año 2005.



Figura 13. Desinfección de sustrato con Bromuro de Metilo
Fuente: INFOR

4.1 Contenedores

La producción de plantas de *Acacia* se realiza en contenedores, los que pueden ser bandejas de poliestireno expandido, tubetes plásticos o simplemente bolsas de polietileno (aunque este ultimo no se recomienda por la tendencia de espiralamineto de la raíz), con su respectivo orificio para un adecuado drenaje. Los contenedores utilizados en el vivero de INFOR son tubetes de sección cuadrada de 102 cm^3. Cada tubete es colocado dentro de una bandeja que les da el soporte necesario. Existen además, otras posibilidades en el uso de contenedores (Figura 14).

Este método permite producir plantas con mejores condiciones de adaptabilidad debido al cepellón formado en el contenedor. El cepellón conserva la humedad durante el transporte y por algún tiempo después de la plantación, con lo que protege las raíces, permitiendo, en general, una buena adaptación de la planta en su lugar definitivo y, en consecuencia, porcentajes más elevados de supervivencia (Goor, 1964). En otras palabras, a través del sistema de producción de plantas a raíz cubierta se minimiza el shock de transplante, y se asegura ciertos niveles de humedad o abastecimiento de agua a las plantas y de nutrientes.

En general, el sistema de contenedores se asocia a una fácil manipulación y ordenación de plantas, disminución de superficie y volumen de sustratos requeridos. Sin embargo, requiere de una fuerte inversión inicial que puede ser amortizada entre 3 a 4 años en un vivero de tipo permanente.

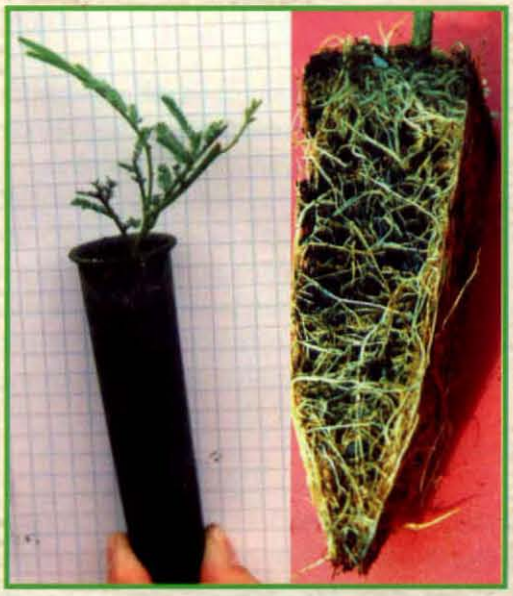


Figura 14. Izquierda: Muestra de contenedores utilizados en Brasil para la producción de *Acacia mearnsii*. Derecha: Pan de raíces en producción de plantas en contenedor

4.2 Selección del contenedor

El tamaño del contenedor a emplear depende de diversos factores, tales como el tamaño de la semilla, tamaño final de la planta, condiciones ambientales del sitio de plantación, comportamiento de la raíz al medio de crecimiento; del volumen de raíces, además de factores económicos como el precio del contenedor, disponibilidad y diseño de contenedores, volumen de sustrato y del espacio disponible en el vivero (Figura 15).

En cuanto a la forma, algunos contenedores tienen pequeños bordes o estrías en las paredes internas, lo cual previene el desarrollo de raíces espiraladas, defecto que puede producir la muerte de la planta, después de establecida en terreno.

También se diferencian por el material del que están fabricados, lo que se relaciona con su durabilidad. Los de poliestireno expandido obligan a extremar las condiciones de mantención para su reutilización, pero son de un costo menor en relación a los de material plástico.

Cabe señalar que las bolsas de polietileno son desechables y están siendo cada vez menos utilizadas debido a problemas de espiralamiento de las raíces de las plantas. En muchos casos una alternativa para viveros pequeños, dada la baja inversión inicial requerida, pero se debe considerar que se asocian a una mayor manipulación y mayor costo en mano de obra.

Otra consideración al momento de elegir un contenedor es que existen de tipo individual y de tipo múltiple, en bandejas. Los individuales facilitan la ordenación de las plantas al momento de homogeneizar el crecimiento en vivero, sin embargo, requieren de una estructura adicional para su disposición en el vivero y su transporte fuera de él.

4.3 Limpieza del contenedor

La limpieza de todos los materiales y equipos utilizados durante el crecimiento de la planta es esencial para alcanzar buenos resultados. Todos los contenedores a utilizar se desinfectan tratándose con agua caliente más algún desinfectante o cloro (Pinilla, 2000). En el caso de las bandejas de poliestireno, luego de la desinfección y previo al llenado con el sustrato es estrictamente necesaria la aplicación de oxicloruro de cobre, a objeto de evitar que las raíces se inserten en las paredes del contenedor y se dificulte la extracción de la planta. Otra alternativa es bañar los contenedores con una mezcla de látex y oxicloruro de cobre, lo cual permite fijar el sustrato en el envase y actúa como podador químico de las raíces.

4.4 Llenado de contenedores

Una vez seleccionados los contenedores, el llenado se realiza manualmente con el sustrato preparado. Esta operación debe hacerse con un contenido de humedad tal del sustrato que mantenga cierta agregación luego los tubetes o bandejas se golpean contra el suelo para posteriormente volver a llenarlos. Se finaliza el llenado con una ligera compactación de cada recipiente. El llenado de contenedores no debe hacerse con el sustrato seco, ya que este pierde agregación y se puede caer por el drenaje del contenedor al menor golpe (Dumroese *et al.*, 1998 citado por INFOR, 2000).



Figura 15. Muestra de distintos tipos de contenedores utilizados para la producción de plantas. De izquierda a derecha y de arriba abajo: Almacigueras, tubetes de 100 cc, tubetes de 230 cc y bolsa de 10x20 cm.
Fuente: Archivo INFOR

4.5 Calidad de las plantas

Los atributos morfológicos son los parámetros que usualmente el viverista emplea para la manipulación, manejo y aplicación de las medidas culturales en vivero y seleccionar las plantas que serán utilizadas en las faenas de plantación. Éstos se aplican a plantas fisiológicamente óptimas.

Normalmente se correlaciona la morfología de la planta con la supervivencia y crecimiento de ésta en terreno. En general una planta con una proporción adecuada de parte aérea y raíces según las condiciones de sitio y clima, presenta una mayor potencialidad de supervivencia. Los rasgos físicos de la planta son buenos predictores de su supervivencia.

Una planta de gran tamaño aéreo no necesariamente indica una planta de buena calidad. Puede ocurrir que su sistema radicular sea insuficiente y el éxito de supervivencia en la plantación sea escaso debido a razones fisiológicas y a que el mayor peso de la parte aérea no sea sostenible por el sistema radicular, especialmente en condiciones de viento. Es necesario indicar que el anclaje de la planta al suelo no es inmediato y va a depender en gran medida de la estructura del suelo y de la nutrición complementaria, además de que la plantación se realice en una época adecuada (precipitación y temperatura).

Entre los atributos físicos más relevantes están:

- *Altura de la planta:* La altura de la planta se relaciona con su capacidad fotosintética y la superficie de transpiración de la misma, y se vincula además con la salud fisiológica y un sistema radicular adecuado (Rose *et al.*, 1998).

- *Diámetro o grosor del cuello:* Este diámetro se relaciona con la resistencia de la planta a fenómenos como, viento, temperatura y humedad. A mayor diámetro del tallo a la altura del cuello, normalmente corresponde una mayor cantidad de raíces y mayores reservas de carbohidratos en la planta y una tolerancia mayor a altas temperaturas en la superficie del suelo, y a resistencia al viento.

- *Relación altura/diámetro de cuello:* Determina el balance entre la superficie de transpiración y la resistencia mecánica de la planta, dando una idea de la estructura aérea de la planta. Los valores pueden variar en un rango de 25 a 90, con una mejor calidad de planta asociada a los valores más bajos. En *A. dealbata* por ejemplo, plantas de sólo 10 cm de altura y entre 2-3 mm de diámetro de cuello han tenido excelentes resultados al ser establecidas en terreno, siendo la relación ideal 27 cm de altura por 4 mm de DAC. Estos mismos valores son aplicables a *A. melanoxylon* y *A. mearnsii* (Pinilla, 2000).

- *Relación tallo/raíz:* Relación entre el peso seco de la biomasa aérea (tallo y hojas) y el de la biomasa radicular que indica el balance entre la superficie transpirante y la superficie absorbente de la planta. En general se exige que, lavada la planta y secada al aire, el peso de la parte aérea no llegue a doblar el peso de la raíz (Montoya y Cámara, 1996).

- *Desarrollo radicular:* Presencia, definición y longitud de una raíz principal pivotante, número de raíces laterales (mayor estabilidad y mejor capacidad de exploración de la parte superior del suelo), y fibrosidad (mayor capacidad de absorción) (Rose *et al.* 1998). En general, se espera que sean abundantes, con todos sus tipos y que tenga una alta ocupación del sustrato donde se ha desarrollado la planta. Este parámetro puede ser evaluado a través de su biomasa de materia verde o seca, o bien a partir de su volumen.

4.6 Despacho de las plantas

Previo al despacho y carga del camión es necesario realizar un control de la calidad de la planta que es enviada al sitio de plantación, mediante la medición de tamaño y observación de su estado sanitario, lo cual debe ser efectuado por personal debidamente entrenado.

El transporte debe ser realizado en camiones acondicionados y cubiertos para evitar la deshidratación y maltrato de la planta, obteniéndose mejores resultados cuando las plantas son transportadas en los mismos contenedores. La planta transportada debe ser inmediatamente plantada; si no es así, se debe acomodar en un lugar protegido que evite la deshidratación y el maltrato (estrés).

5. Consideraciones finales

Un adecuado programa de viverización es determinante para la obtención de plantas de calidad que aseguren el éxito de las plantaciones con especies del género *Acacia*.

La utilización y producción de plantas de especies en el marco de una diversificación forestal, trae consigo generalmente un alto costo inicial que se deriva de la importación de semilla certificada y del desconocimiento de las técnicas de viverización apropiadas.

Paralelamente, la utilización de semilla certificada no implica necesariamente un mejor desarrollo de las plántulas, pero la información asociada referida al número de semillas por kilo, capacidad germinativa, pureza, etc., permite al viverista o productor mejorar la planificación del vivero.

Finalmente, el sistema de producción de plantas recomendado para *Acacia sp.*, en contenedores, permite al viverista optimizar el espacio disponible en el vivero y otorga una mayor facilidad en la manipulación de las plántulas.

Bibliografía

Arnold, F. E. 1996. Manual de vivero forestal: elaborado para algunas especies forestales nativas de la zona templada del sur de Chile. Documento técnico CONAF-DED. 123p.

Ballester-Olmos, J. 1995. Producción de Plantas Forestales. Departamento de Producción Vegetal. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 218 p.

Cabrera, R. 1995. Influencia del tamaño inicial de partículas en el proceso de compostación aeróbica de corteza de *Pinus radiata* D. Don. Tesis Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción. 64 p. Concepción, Chile.

De Zwaan, J. G. 1978. The effects of hot-water treatment and stratification on germination of blackwood (*Acacia melanoxylon*) seed. South African Journal of Forestry. 105:40-42. 1978.

Doran, J. C.; Boland, D. J.; Turnbyll, J. W.; Gunn, B.1983. Manual sobre semillas de Acacias de zonas áridas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Goor, A. 1964. Método de Plantación Forestal en Zonas Áridas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. pp. 233-234. (Cuadernos de Fomento Forestal No. 16).

Grosse, H.; Kannegeisser, U.; Quiroz, I. y Santelices, R., 1990. Silvicultura de algunas acacias australianas. INFOR. Concepción. Chile. 78p.

INFOR, 1998. Incorporación de especies del género *Acacia* a la producción forestal chilena. Formulario de presentación proyecto FDI. INFOR-CORFO. Concepción. 150p.

INFOR, 2000. Técnicas para producir plantas de Lenga en Aysén. Informe final. INFOR-CORFO. Coyhaique. 30p.

INFOR, 2002. Masificación y Desarrollo de Opciones Productivas en Base a Especies de *Acacia* Probadas en Chile. Formulario de presentación proyecto FDI. INFOR-CORFO. INFOR-Concepción 150 p.

Montoya, J. y Cámara, M. 1996. La planta y el vivero forestal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 127p.

Ocaña, L. 1995. Viverística de las principales especies arbóreas en España. ICONA. Centro de mejora genética. 40p.

Ordóñez, A. 1987. Germinación de las tres especies de *Nothofagus* siempreverdes (Coigües), y variabilidad en la germinación de procedencias de Coigüe común (*Nothofagus dombeyi* (Mirb) Oerst). Tesis Ing. Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 134 p.

Pinilla, J. C. 2000. Descripción y antecedentes básicos sobre *Acacia dealbata, Acacia melanoxylon* y *Acacia mearnsii*. Informe Técnico N°147. INFOR-CORFO. Concepción. 49p.

Pinilla, J.C.; Molina, M. P., y Gutiérrez, B. 2004. Manual De Producción De Plantas de *Acacia dealbata, A. mearnsii y A. melanoxylon*. Manual Técnico INFOR-CORFO. Concepción, Chile. 35p.

Rose, R.; Birchler, T.; Pardos, M. y Royo, A. 1998. La plántula ideal: producción de plántulas de calidad para mejorar el comportamiento de las plantaciones. Documento sin editar. 40p.

Tinus, R. W. y S. E. McDonald. 1979. *How to grow tree seedlings in containers in greenhouses.* USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. RM-60

CAPÍTULO III

ENFOQUE ESTRATÉGICO PARA EL MEJORAMIENTO DE ESPECIES DEL GÉNERO *ACACIA* EN CHILE

Braulio Gutiérrez C.
María Paz Molina B.

Introducción

La mejora genética clásica que incluye selección, cruzamientos y pruebas genéticas continuará siendo una parte integral de los programas de manejo forestal intensivo.

Los componentes básicos de todos los programas de mejora genética son básicamente los mismos, aún así no existe una estrategia genérica que se aplique a todas las especies. La variación entre especies, los vectores de polen, el tamaño de la semilla y su biología, edad de reproducción, aptitud para la propagación vegetativa, susceptibilidad a plagas y enfermedades, y edad de rotación hacen que estos componentes combinados produzcan muchas opciones que el mejorador deberá considerar. Estas distintas alternativas conducen a diferentes programas alrededor del mundo, a diversas estrategias de mejora y también a distintas técnicas de masificación operacional de la ganancia genética.

La estrategia de mejoramiento debe ser una propuesta metodológica flexible y eficiente, que maximice las ganancias genéticas por unidad de tiempo y conserve, a su vez, una variabilidad o amplitud de base genética que asegure un progreso continuo, ajeno a las mermas que pueda producir la depresión endogámica. En este capítulo se presenta una primera aproximación para un programa de mejora genética de tres especies del género *Acacia* en Chile. La estrategia propuesta recoge y adapta los enunciados de White y Rockwood (1993), quienes formularon un esquema de esta naturaleza para especies de eucalipto de interés secundario en Florida (EEUU).

1. Consideraciones Generales

El mejoramiento genético forestal es la aplicación de los principios de la herencia, a través de selección y cruzamiento, para desarrollar árboles que cumplan en mejor forma las expectativas de producción del hombre. Es principalmente un proceso de domesticación que supone la selección y propagación de árboles que poseen características deseables.

Los detalles específicos del proceso varían dependiendo de su objetivo primario, el que puede estar enfocado a aspectos tan variados como: mayor producción de madera, resistencia a las plagas y enfermedades o conservación.

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 poder seleccionar en función de caracteres específicos, y depende también de la forma en que se ordena y estructura la población para desarrollar el programa a lo largo del tiempo.

Un aspecto fundamental para diseñar una estrategia de mejoramiento genético eficiente, dice relación con la forma de estructurar la población que será mejorada con el objeto de llegar a definir los elementos estructurales del ciclo de mejora genética. En este sentido se debe reconocer que el mejorador no sólo actuará a través de la selección direccional, sino también estructurando las poblaciones para identificar y manejar la variabilidad.

2. Componentes del ciclo de mejora

El proceso de domesticación se inicia definiendo los objetivos y realizando la selección. En todo este proceso es posible distinguir varias poblaciones que se ordenan en una estructura común para los programas de mejoramiento genético. Esta estructura corresponde al "Ciclo de Mejoramiento" (Figura 1) y representa una visión esquemática simplificada de la forma en que evolucionan los programas de mejoramiento.

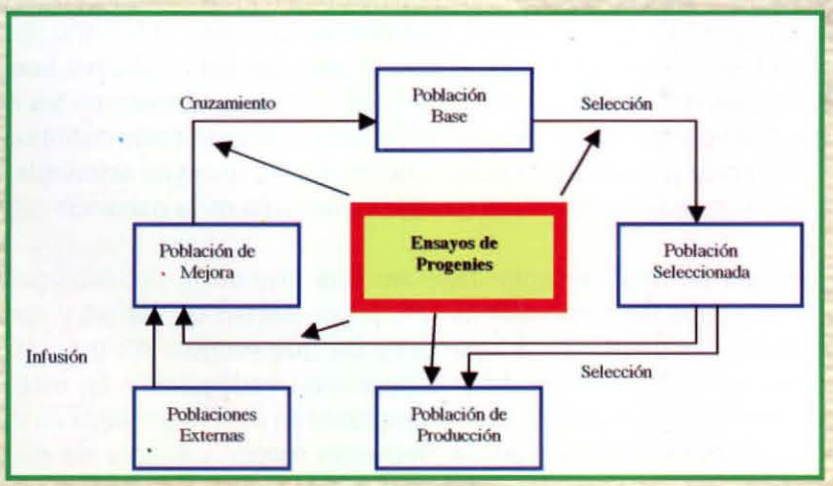


Figura 1. Esquema general de un ciclo de mejoramiento genético

Un ciclo de mejoramiento se completa en una generación de mejoramiento. Las poblaciones tipo en el ciclo de mejoramiento son las siguientes:

- Población base.
- Población seleccionada.
- Población de producción.
- Población de mejora.
- Población de infusión.
- Pruebas genéticas (poblaciones de evaluación).

Estas poblaciones se forman en cada generación desde las poblaciones tipos precedentes. Por ejemplo, la población "seleccionada" es formada desde la población "base", a través de la actividad de selección. Las poblaciones periféricas al "ciclo de mejora", tales como la población de producción y de infusión no necesariamente tienen que ser creadas en cada generación.

2.1 Población Base

Se define como la población fundacional, y corresponde a un grupo de individuos al que se le aplica mejoramiento genético. A partir de todos los individuos disponibles para la selección se desarrollará una población mejorada.

Una población base de primera generación puede estar conformada por millones de individuos y una inmensa variabilidad genética. Una población base de generación avanzada consiste de árboles mejorados genéticamente que crecen en los ensayos genéticos; además, a estos árboles se les conocerá el pedigrí, es decir, sus progenitores, ancestros, historia y origen geográfico.

2.2 Población Seleccionada

El ciclo de mejora comienza en cada generación con la selección de árboles superiores desde la población base. En un programa de primera generación, normalmente la selección es masal. En programas de generación avanzada los árboles superiores se seleccionan de acuerdo al desempeño individual y de sus progenitores y parientes.

Si la selección se realiza en forma rigurosa, se espera obtener importantes ganancias genéticas. La descendencia de los árboles seleccionados se distribuirá normalmente para el rasgo en cuestión, pero la media será genéticamente superior a la progenie de los árboles de la población base.

Los criterios de selección son fundamentales y, por esta razón, en los programas de mejoramiento se establecen rigurosas metodologías de selección que aseguren la superioridad de los árboles seleccionados.