2.3 Población de Producción

Para una generación dada, la población de producción está compuesta por algunos individuos o por toda la población seleccionada. La función de la población de producción es aportar una descendencia genéticamente mejorada para plantaciones operacionales.

Los huertos semilleros clonales y las áreas de multiplicación clonal (setos) constituyen los tipos más usados de poblaciones de producción, aunque existen otras alternativas para obtener material para plantaciones operativas, entre ellas la colecta de semillas de polinización abierta desde individuos seleccionados e identificados en la población base. Este último corresponde al enfoque adoptado en la estrategia propuesta por los autores para las especies de *Acacia* cultivadas en Chile.

La población de producción se puede mejorar con la información de las pruebas de progenie, evitando que llegue descendencia de individuos genéticamente inferiores a las plantaciones operacionales. Un ejemplo de esto es la depuración de huertos semilleros donde se elimina aquellos clones cuyas progenies no han tenido buen desempeño en las pruebas genéticas.

2.4 Población de Mejora

Para una generación determinada, algunos o todos los individuos de la población seleccionada se incluyen en la población de mejora. El objetivo de la población de mejora es crear la población base de la siguiente generación. Esto se alcanza al inducir la recombinación de genes entre genotipos superiores; la progenie resultante se establece en pruebas genéticas y, una vez que la nueva población base se ha creado, comienza un nuevo ciclo de mejora.

Es importante destacar el papel que cumplen las pruebas genéticas, permitiendo ordenar o efectuar el "ranking" de los individuos seleccionados, e incluirlos en la población de mejora.

En programas de generación avanzada, los cruzamientos se inician después de la selección desde la población base y no hay tiempo suficiente para acopiar información acerca de la población seleccionada. En este caso, todos los individuos de la población seleccionada son incluidos en la población de mejoramiento y, por lo tanto, la población seleccionada y la de mejora son idénticas.

2.5 Población de Infusión

Normalmente, para aumentar la diversidad o incluir nuevos genes, los programas de mejoramiento incluyen en forma periódica árboles desde fuentes externas a la población de mejoramiento. Estos árboles generalmente provienen de programas de selección continua, o corresponden a individuos de interés de poblaciones de otras áreas fisiográficas. Ellos conforman la población de infusión, que permite ampliar la base genética para efectuar selecciones intensas en las generaciones futuras, evitando que aumente la consanguinidad entre los individuos selectos.

2.6 Pruebas Genéticas

En términos generales, una prueba genética es una plantación diseñada a partir de la descendencia de una de las poblaciones tipo (población base, población seleccionada y población de mejora) del ciclo de mejoramiento. Dependiendo del papel en el ciclo de mejora, puede denominarse ensayo de progenie, prueba clonal, población base, ensayo de producción o investigación experimental y, de acuerdo a su localización, éstas pueden ejecutarse en el terreno, en vivero, en invernadero o laboratorio.

Dentro de un programa de mejoramiento genético, las pruebas de progenies se utilizan fundamentalmente para estimar el valor genético de los individuos seleccionados pero; además, permiten cumplir otras funciones tanto o más importante que ésta.

Entre otras funciones, las pruebas entregan información para depurar poblaciones de producción, estimar parámetros genéticos, estimar y demostrar progreso o ganancias genéticas. También constituyen importantes poblaciones base para efectuar nuevas selecciones.

Su relevancia, reflejada en la diversidad de funciones que cumplen las pruebas genéticas, las constituye en el corazón de los programas de mejoramiento, generando la información que permite orientar el programa en el mediano y largo plazo.

3. Estrategia de Mejoramiento para *Acacia*

3.1 Origen del programa de mejoramiento

El estudio de las especies del género *Acacia,* implementado en Chile por el Instituto Forestal, se inició con los programas de introducción de especies y se consolidó a mediados de los años 90 con el establecimiento de ensayos de procedencias.

La primera iniciativa permitió identificar las especies más promisorias para las condiciones de sitio del país, concluyendo que *Acacia dealbata* es una opción interesante para terrenos que resultan marginales para el cultivo de eucalipto, siendo apropiada para la recuperación de suelos degradados y como complemento en la producción de pulpa. *A. melanoxylon* presenta un crecimiento y una calidad de madera que la hace apropiada para la producción de madera aserrada. Por su parte, *A. mearnsii* resulta de interés para la producción de taninos, constituyéndose en una interesante alternativa para suelos marginales, degradados o poco productivos para los cultivos forestales tradicionales.



Figura 2. De izquierda a derecha; *A. dealbata, A. melanoxylon y A. mearnsii*

En un segundo paso, los ensayos de procedencias evaluaron el desempeño en el país de una importante proporción de la variabilidad representada en la distribución natural de distintas especies del género *Acacia*. Sus resultados permitieron identificar las procedencias más adecuadas (Cuadros 1 y 2) y generaron la información básica para obtener las colecciones de semillas que dieron origen a las poblaciones base de un programa más formal de mejoramiento genético.

Cuadro 1. Ubicación Geográfica de las Procedencias de *Acacia* y Ensayos

ESPECIE	PROCEDENCIAS					SITIO ENSAYO	
	LOCALIDAD	N°	LAT.S	LONG. E	ALT	A	SJ
Acacia	-	17711	-	-	-	X	X
parramattensis	NE Marulan (NSW)	14767	34°42'	150°02'	550	X	
	SW Bungendore (NSW)	14723	35°19'	149°25'	730	X	
Acacia	N Goulburn (NSW)	14768	34°38'	150°09'	660	X	X
decurrens	Picton (NSW)	15537	34°08'	150°52'	120	X	
	Picton-Mittagong (NSW)	15847	34°17'	150°35'	380	X	X
Acacia silvestris	Deua River (NSW)	15852	35°58'	149°45'	350	X	X
Acacia	SSE Snug (Tas)	16385	43°06'	147°14'	143	X	X
dealbata	NW Swansea (Tas)	16383	41°55'	147°56'	615	X	X
	WNW Bemboka (NSW)	16376	36°37'	149°26'	1.035	X	X
	S Cooma (NSW)	16269	36°28'	149°09'	910	X	X
	S Orford (Tas)	16384	42°41'	147°52'	120	X	X
	Errinundra Plateau(Vic)	16271	37°11'	148°52'	960	X	X
Acacia	N Orbost (Vic)	16266	37°37'	148°29'	120	X	X
mearnsii	Bombala-Dalgety (NSW)	16268	36°40'	149°08'	860	X	X
	Boyer, W Hobart (Tas)	15330	42°46'	147°08'	60	X	
	NE Bungendore (NSW)	16374	35°09'	149°35'	780	X	
	S Cooma (NSW)	14771	36°28'	149°01'	940	X	
Acacia	Atherton (QLD)	14176	17°17'	145°26'	1.022	X	X
melanoxylon	S Bonang (Vic)	16272	37°19'	148°42'	300	X	X
	Highlands (Vic)	17229	37°04'	145°24'	640	X	X
	Mt Mee-Sellings RD(QLD)	17263	27°06'	152°44'	500	X	
	Bli Bli (QLD)	16358	26°37'	153°02'	95	X	

Nota : A = Antiquina; SJ = San Juan; ALT: msnm.

Fuente: INFOR, 1998; Pinilla *et al.*, 2002

Cuadro 2. Mejores procedencias para Chile de algunas especies de *Acacia*.

ESPECIE	PROCEDENCIA (Australia)	LUGAR DE ORIGEN		
		LAT. SUR	LONG. ESTE	ALTITUD msnm
A. dealbata	SSE Snug (Tas) 16385	43°06'	147°14'	143
	S Orford (Tas) 16384	42°41'	147°52'	120
A. mearnsii	Bombala-Dalgety (NSW) 16268	36°40'	149°08'	860
	S Cooma (NSW) 14771	36°28'	149°01'	940
A. melanoxylon	Raza Local	Colcura (VIII Región)		

Fuente: INFOR, 1997

Durante el año 1998, en el marco del proyecto "**Incorporación de Especies del Género *Acacia* a la Producción Forestal**", ejecutado por INFOR y financiado por FDI (Fondo de Desarrollo e Innovación de la Corporación de Fomento de la Producción), se adquieren al CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization), Australia, las colecciones familiares de semillas, que dieron origen a las poblaciones base que sustentarán la primera generación de un programa de mejoramiento genético. Ellas se representan en terreno como pruebas de progenies, estructuradas en bloques al azar con parcelas de un árbol (Single tree plot, STP).



Figura 3. Ensayo de progenies de *A. dealbata*

El material representado en las poblaciones base se detalla en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Colección de Semillas de *Acacia* que Conforma la Población Base del Programa de Mejoramiento

Especie	Proc	N° de progs	Localización	Estado	Latitud S	Longitud W	Altitud msnm
Acacia dealbata	1	10	Tidbinbilla Nat. Res.	ACT	35°27'	148°57'	600
	2	13	Cooma South	NSW	36°29'	149°06'	900
	3	9	22-18 km WNW Bemboka	NSW	36°37'	149°26'	1.035
	4	3	18.6 km S Orford	TAS	42°41'	147°52'	120
	5	8	6-15 km SSE Snug	TAS	43°06'	147°14	143
	Tot	**43**					
Acacia mearnsii	1	10	Berrima	NSW	34°30'	150°20'	750
	2	2	18 km NE Bungendore	NSW	35°09'	149°35'	780
	3	0	S of Cooma	NSW	36°28'	149°01'	940
	4	5	Bombala-Dalgety	NSW	36°40'	149°08'	860
	5	0	Mt. Gladstone	NSW	36°15'	149°05'	1.000
	6	4	Mt Rix	NSW	36°45'	148°58'	930
	7	11	Grampians N.P.	VIC	37°06'	142°24'	350
	8	3	8 km N of Orbost	VIC	37°37'	148°29'	120
	9	8	Avoca	TAS	41°49'	147°35'	220
	10	5	Boyer, W of Hobart	TAS	42°46'	147°08'	60
	Tot.	**48**					
Acacia melanoxylon	1	8	Mt. Mee-Sellins Rd	QLD	27°06'	152°44'	500
	2	0	Springbrook	QLD	28°14'	153°17'	750
	3	0	Arthurs Ck Rd Yanyean	VIC	37°34'	145°08'	214
	4	3	Rennick	VIC	37°50'	141°00'	60
	5	10	Otways	VIC	38°41'	143°33'	300
	6	10	13.2 km NNW Welshpool	VIC	38°34'	146°22'	250
	7	10	Gellibrand River	VIC	38°43'	143°15'	50
	8	10	25 km SE Mount Gambier	SA	37°57'	140°56'	40
	9	3	King Island	TAS	39°55'	144°02'	60
	10	15	South of Burnie	TAS	41°09'	145°56'	200
	11	5	E Launceston District	TAS	41°11'	147°21'	150
	12	5	St Helens District	TAS	41°18'	147°52'	600
	13	7	W Launceston District	TAS	41°29'	146°42'	300
	14	6	Queenstown District	TAS	41°56'	145°31'	400
	Tot.	**92**					

Fuente: INFOR, 1999; Pinilla *et al.*, 2002.

3.2. Estrategia Preliminar

Las especies del género *Acacia* contempladas en la investigación de INFOR, son secundarias en el sector forestal chileno, pero concentran un gran potencial para incorporarse a la producción de madera aserrada, producción de taninos, recuperación de terrenos degradados, como complemento en la producción de pulpa y diversificación de la base productiva del sector forestal.

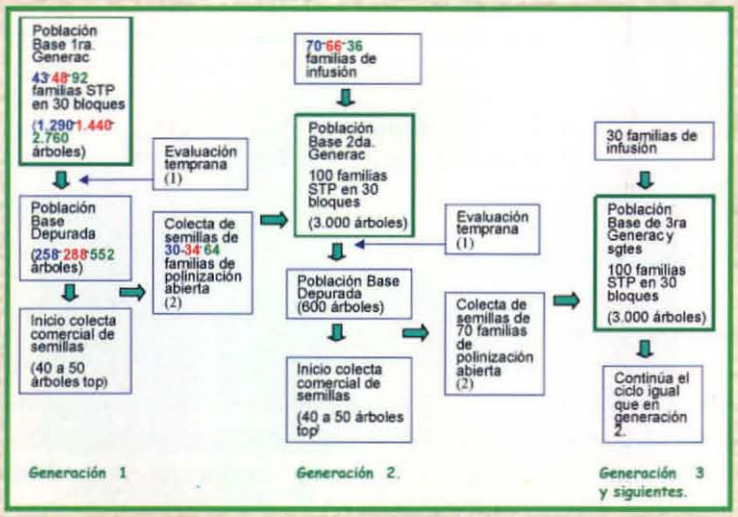
Sus múltiples finalidades aconsejan desarrollar la selección en función de distintos caracteres, propios de las funciones que cada especie puede desempeñar. No obstante, en las primeras generaciones resultará más sencillo seleccionar en función de caracteres de propósito general, como volumen y forma, los cuales son básicos para mejorar la mayoría de los caracteres de interés. Posteriormente, en generaciones avanzadas, se podrá seleccionar *A. mearnsii* en función de su contenido de taninos, o *A. dealbata* en función de caracteres relacionados con su rendimiento pulpable, o tolerancia a sitios marginales.

La premisa asumida en el párrafo anterior, sumado al rápido crecimiento y precocidad reproductiva de las acacias, permite diseñar una estrategia de mejoramiento simple y de rápido progreso, en función de una base genética amplia y altas intensidades de selección. Atendiendo a la naturaleza relativamente restringida de la base que conforma este programa, las intensidades de selección no podrán ser muy elevadas, al menos en la primera generación. Esta situación podrá ajustarse a partir de la segunda generación, en la medida que se considere una importante población de infusión.

La estrategia de mejoramiento genético propuesta se basa en cuatro consideraciones generales que permiten caracterizarla como una estrategia simple:

- Generaciones cortas con alta intensidad de selección.
- Infusión de material nuevo en cada generación.
- Manejo de la población de mejora por polinización abierta.
- Pruebas de campo sencillas y multifuncionales (para selección, prueba de progenies y producción comercial de semilla mejorada).

La Figura 4 resume el enfoque estratégico propuesto por los autores, en el marco del proyecto "Incorporación de Especies del Género *Acacia* a la Producción Forestal" para el mejoramiento genético de especies del género *Acacia.*



(1) 10 años para *A. melanoxylon* y 5 para *A. dealbata* y *A. mearnsii*

(2) A los 12 años para *A. melanoxylon* y a los 7 para *A. dealbata* y *A. mearnsii*

Figura 4. Esquema estratégico para el mejoramiento genético de especies de *Acacia.* (• *A. dealbata;* • *A. mearnsii;* • *A. melanoxylon*)

El enfoque propuesto adopta como población base de primera generación las pruebas de progenies establecidas en el marco del proyecto "Incorporación de Especies del Género *Acacia* a la Producción Forestal Nacional". Estos ensayos a lo largo del tiempo serán intervenidos y darán origen a las restantes poblaciones consideradas en el ciclo de mejora (poblaciones de mejoramiento y poblaciones de producción) y junto con las poblaciones de infusión darán origen a las poblaciones base de las siguientes generaciones.

Aproximadamente a la mitad de su rotación comercial (5 años para *A. dealbata* y *A. mearnsii* y 10 años para *A. melanoxylon*), las poblaciones base de primera generación serán intervenidas conservando el mejor 20% de los individuos. Esta población seleccionada cumplirá dos funciones.

Por una parte, los 40 a 50 mejores árboles constituirán una población de producción de semilla genéticamente mejorada, los cuales podrán ser cosechados anualmente hasta contar con otra fuente de semillas de mejor calidad. Por otra, la misma población seleccionada corresponderá a la población de mejoramiento, donde se cruzarán los mejores individuos por polinización abierta, para en dos años más colectar semilla del mejor 2% de los árboles, los que junto a las respectivas poblaciones de infusión formarán la población base de segunda generación. Esta población base de segunda generación estará conformada en una alta proporción por individuos de la población de infusión, debido a que el número de progenies considerado inicialmente en este programa ha sido muy bajo. No obstante, a partir de la tercera generación la población de infusión representará sólo un 30% de la población base. Con esta proporción se asegura la variabilidad requerida para las siguientes generaciones y no se diluye la ganancia obtenida en las generaciones anteriores.



Bibliografía

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.

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 del Primer Congreso Chileno 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.

White, T. y Rockwood, D. 1993. A breeding strategie for minor species of *Eucalyptus*. En: Simposio Los Eucaliptos en el Desarrollo Forestal de Chile. Pucón, Chile, 24 al 26 de noviembre de 1993. Pp: 27-42.

CAPÍTULO IV

MANEJO, CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO

Juan Carlos Pinilla S.

Introducción

Las técnicas de establecimiento y de manejo para las diferentes especies introducidas en Chile han evolucionado durante estos últimos años de acuerdo a las nuevas tecnologías y ensayos realizados en el extranjero y en nuestro país. Las condiciones edafoclimáticas y la competencia por agua, luz y nutrientes a las cuales están sometidas las plantas, marcan una de las diferencias que no siempre pueden asimilarse a experiencias observadas en otros países.

El objetivo de la investigación de INFOR en materia del género *Acacia* ha sido mejorar, innovar (diversificar) y proporcionar a sus usuarios información importante sobre los resultados obtenidos, de tal forma que el uso de las especies ensayadas tenga respaldo documental y pueda extenderse lo más ampliamente posible en las áreas rurales del país.

Además, la investigación de INFOR se ha centrado en establecer una base de información sobre las especies consideradas, generando los primeros antecedentes acerca del crecimiento y rendimiento de algunas Acacias en el país, en la perspectiva de productos a generar. Esto implicó una revisión bibliográfica, localización de rodales de acacia, instalación de parcelas temporales y parcelas permanentes, construcción base de datos y el desarrollo de modelos para estimar su desarrollo y crecimiento, los cuales se presentan en este Capítulo.

1. Antecedentes Generales de Establecimiento

Acacia melanoxylon es la especie del género para la cual existe una mayor cantidad de antecedentes acerca de su silvicultura; sin embargo, la investigación realizada permite afirmar que las prácticas definidas no difieren sustancialmente de las que pueden aplicarse a otras especies de *Acacia* cultivadas o potencialmente cultivables en Chile, pese a ello, el mercado o producto objetivo podría marcar fuertemente dichas diferencias (Pinilla, 2000).

Al contrario de lo que afirman algunos autores que catalogan el aromo australiano entre las especies pioneras, esta acacia presenta serias dificultades al ser establecida sobre superficies descubiertas, lo cual la distingue de *A. dealbata* y *A. mearnsii*, que si tienen la capacidad de colonizar áreas descubiertas y degradadas. Para obtener resultados satisfactorios en el trabajo con *A. melanoxylon* y vencer estas dificultades se recomienda algunas medidas, las cuales son también aplicables a las otras dos especies (Siebert, 1994):

- *Producción de plántulas adecuadas:* Se plantea que la producción de plantas sea en contenedores. Es una técnica más moderna y que ha mostrado resultados satisfactorios en la obtención de plántulas de excelente calidad.

- *Elección adecuada del sitio de plantación:* En el sur de Chile los sitios más apropiados y productivos para el cultivo del aromo australiano se encuentran en algunos sectores del golfo de Arauco, y entre Temuco y Chiloé en la depresión intermedia y cordones del valle central (bajo los 500 msnm). Las características más importantes de estas áreas son alta pluviometría, con un promedio cercano a los 2.000 mm anuales y bien distribuidos en todo el año; clima templado con temperaturas medias de 12,5°C; ausencia de nieve, suelos de trumao profundos con estructuras granulares y texturas franco-limosas o transición. Generalmente, las laderas sombreadas proveen de mejores sitios para un óptimo desarrollo de esta acacia. Los mejores incrementos se han medido en la zona de Freire (valle central de la IX Región), donde los suelos son profundos, levemente ácidos, medianamente densos y de texturas sueltas y bien drenadas. En Sudáfrica se afirma que los mejores sitios corresponden a suelos bien drenados, cubiertos por una capa de humus y un régimen alto de lluvias (De Zwaan, citado por Siebert, 1994). Además, se recomienda evitar sitios expuestos a fuertes temporales y sectores de heladas, ya que con 7-8°C bajo cero se produce una alta mortalidad de plántulas. Se debe mencionar el caso de los pantanos de Swampland (Tasmania), donde los aromos crecen a tasas bajas, pero atractivas, en suelos cubiertos de agua casi todo el año.

- *Preparación del sitio de plantación*: Las acacias reaccionan muy favorablemente a un buen cultivo del suelo (ripper 40-50 cm.) y a la eliminación de pasto mediante azadón o herbicida. En suelos muy degradados, deficitarios especialmente en microelementos como Cu, Zn, B, etc., presenta problemas apicales en los primeros años. De Zwaan (1981 citado por Siebert, 1994) afirma que acelerar el crecimiento juvenil de *A. melanoxylon* mediante fertilización con macroelementos (NPK) disminuye el valor de la madera que se obtiene al final de la rotación.

- *Control de la fauna dañina*: Previo a la plantación es recomendable controlar la fauna, en particular la liebre que daña y corta las plántulas recién establecidas. Para disminuir eficazmente el daño causado por este lagomorfo es necesario que las plántulas posean un tallo bien lignificado, especialmente en el cuello y el diámetro a esa altura sea de unos 0,5 cm.

En relación con el establecimiento, primera etapa del manejo forestal, la literatura menciona el establecimiento de Aromo en huecos ya formados, establecimiento en huecos entre matorrales y plantaciones mixtas con especies pioneras de rápido crecimiento juvenil. No se recomienda establecer Aromo sobre superficies descubiertas, como bosques puros en laderas expuestas al sol (Siebert, 1994).

Siebert (1994) recomienda no fertilizar, ya que esta actividad silvicultural al acelerar el crecimiento del árbol influye en el proceso de duraminización, que es la principal característica que otorga el mayor valor a la madera.

Además de las consideraciones anteriores, es necesario recalcar la necesidad de utilizar las procedencias más apropiadas para diferentes sitios, ya sean nacionales o extranjeros, y mejorar las técnicas de establecimiento.

1.1 Control de malezas

En relación a técnicas de control de malezas para dichas especies no existe mucha información disponible en la literatura. Lo anterior dado las diferentes situaciones en las cuales pueden establecerse dichas plantaciones.

El control de malezas es una actividad fundamental para el buen resultado de una plantación. Sin embargo, no existe una receta para ello, su aplicación dependerá de cada silvicultor en particular y las características de la cubierta de malezas presentes en cada sitio y las técnicas ya probadas. Este control puede ser mecánico, manual o químico; mostrando éste último ser más eficaz; pero no se debe obviar la contaminación de suelos y napas freáticas que se pudiera ocasionar.

En estudios realizados por INFOR se puede destacar controles mecánicos con arados, subsolado y luego aplicaciones de herbicidas, principalmente glifosato (herbicida sistémico de amplio espectro) más un susfactante para provocar mayor adhesión del producto a las hojas de las malezas y así mayor resistencia a la lluvia; y un herbicida del tipo preemergente (simazina) para las semillas que se encontraban latentes y que comenzarán a germinar una vez eliminada la capa de malezas dominantes.

En otros sitios se ha aplicado sólo un tratamiento manual, despejando la casilla de plantación, mientras que otros suelos han recibido herbicidas más específicos como graminicidas o más fuertes para combatir malezas como ulex (*Ulex europea*), retamillo (*Teline monspessulana*) y la mosqueta (*Rosa moschata*].

A continuación se presentan dos ejemplos de aplicación tipo para suelos con diferente situación de malezas:

- **Aplicación de glifosato (Round up):** En dosis de 2,5 a 4 litros por hectárea en 200 litros de agua más 0,5 litros por hectárea de unifilm en 200 litros de agua. En caso que el pH del agua con la cual se realizará la mezcla sea inferior a 5,5 no habrá problemas, pero si este supera el valor 6 es necesario agregar un buffer, ya sea ácido fosfórico o, en vez de unifilm normal, utilizar unifilm B con lo cual se baja el pH a valores en los que el glifosato puede actuar en todo su potencial.

  El glifosato, como producto comercial Round Up, incluye un buffer adicionado que es capaz de bajar el pH del agua de 5,5 a 3,6. Es necesario un control exhaustivo del pH dado que la eficacia del producto depende de ello. Una vez obtenido el pH adecuado se debe agregar el Round Up.

  Si la cantidad de maleza no es mucha y existe un porcentaje importante de suelo descubierto se puede aplicar el glifosato junto con la simazina; ésta en dosis 2 a 4 litros por hectárea en 200 litros de agua. Es muy importante que la mezcla sea permanentemente revuelta. En caso de aplicación con bomba de espalda, el simple movimiento del operador es suficiente. De realizarse con tractor, el estanque debe contar con un agitador interno. Cabe destacar que no existe incompatibilidad entre Round Up y la Simazina al ser mezclados. El glifosato no puede ser aplicado post-plantación dado que actuaría sobre las plantas; para salvar esta dificultad, las plantas deben ser protegidas.

- **Aplicación diferida**: Primero se aplica glifosato y, luego, una vez que el suelo se descubra se aplica simazima. En esta modalidad de aplicación diferida debe contemplarse las mismas consideraciones del punto anterior. Una vez aplicada la simazina, la cual no ocasiona ningún problema al aplicarse post-plantación, el suelo no debe ser pisado o sometido a cualquier actividad que pudiese alterar la película que el herbicida forma sobre él y que es la que actuará sobre la germinación de nuevas semillas.

Si se realiza una fertilización, esto debería ser con anterioridad a la aplicación de la simazina. Es normal que pueda ser necesaria una segunda aplicación de simazina a los dos o tres meses dependiendo del suelo y la presencia de malezas en el sitio donde se está trabajando.

2. Esquemas de Manejo

Los resultados de distintos ensayos demuestran que algunas especies y procedencias de acacia son alternativas interesantes para la producción de pulpa y madera aserrada. Lo anterior es importante de considerar al establecer un esquema de manejo determinado. En el caso específico de una plantación cuyo destino es la producción de madera aserrada, es importante la consideración de esquemas de manejo que incorporen raleos y podas.

Los raleos en masas de *Acacia melanoxylon* deben ser frecuentes para evitar la competencia severa entre árboles, pero sin abrir demasiado el rodal. De Zwaan (1981) concluyó que raleos hasta 445 árboles/ha pareciera ser demasiado suave, siendo la densidad óptima entre los 300 y 400 árboles/ha. Después de 34 años, los mejores resultados, con un volumen en pie de 214,7 m^3/ha se obtuvieron con un raleo gradual hasta 395 árboles por hectárea.

En plantaciones puras de aromo australiano se requieren podas intensivas si se busca obtener madera libre de nudos y mantener la buena forma de los fustes. No se recomienda extraer todas las ramas hasta una altura mínima de 6 m sin podar más del 50% de la altura total del árbol de una sola vez (FRI, 1982; citado por INFOR, 1988).

De acuerdo a los ensayos de espaciamiento y raleo en *A. melanoxylon* realizados por INFOR (1997), la densidad de 1.111 arb/ha ha resultado ser recomendable para obtener buenos crecimientos y formas de fustes. En el mismo estudio las parcelas con menor densidad (3 x 3 m o 1.111 árboles por hectárea) presentaron anomalías de forma en los fustes, lo cual corrobora que se requieran densidades de plantación mayores para obtener fustes rectos y cilíndricos, sobre todo si el producto objetivo es madera aserrada de alta calidad y rodales de alto rendimiento por hectárea.

Para las densidades iniciales de plantación se recomienda que fluctúen entre los 1.600 a 2.500 arb/ha, y que el manejo de cubierta boscosa sea permanente por lo que el método de las cortas sucesivas parece ser adecuado (Siebert, 1994).

Un posible esquema de manejo para *A. melanoxylon* corresponde a ralear cada 7 años extrayendo 250 árboles (Arauco - VIII Región), con un objetivo de producción: madera debobinable, aserrable y pulpable. Este esquema se entrega en el siguiente cuadro.



Cuadro 1. Esquema de manejo para *Acacia melanoxylon*

Edad	N/ha	Dap (cm)	Altura (m)	Vol (m^3/árb)	Vol total (m^3/árb)	Vol extraer (m^3/árb)	Observación
1	1.600	1,2	0,9	0,095	152,062		Espac inicial 2,5 x 2,5
2	1.600	2,4	1,8	0,095	152,498	0,000	
3	1.600	3,6	2,7	0,096	153,680	0,000	
4	1.600	4,8	3,6	0,097	155,981	0,000	
5	1.600	6	4,5	0,100	159,776	0,000	
6	1.600	7,2	5,4	0,103	165,437	0,000	
7	1.600	8,4	6,3	0,108	173,337	0,000	
8	1.350	9,6	7,2	0,115	155,124	28,727	1° raleo comercial (pulpa)
9	1.350	10,8	8,1	0,123	166,514	0,000	
10	1.350	12	9	0,134	180,738	0,000	
11	1.350	13,3	10	0,148	199,890	0,000	1° Poda a 4 m
12	1.350	14,6	11	0,165	223,213	0,000	
13	1.350	15,9	12	0,186	251,116	0,000	
14	1.350	17,2	13	0,210	284,010	0,000	
15	1.100	18,5	14	0,239	262,620	59,686	2° Raleo comercial
16	1.100	19,8	15	0,271	298,560	0,000	2° Poda a 7,5 m
17	1.100	21,1	16	0,309	339,571	0,000	
18	1.100	22,4	17	0,351	385,987	0,000	
19	1.100	23,7	18	0,398	438,144	0,000	
20	1.100	25	19	0,451	496,375	0,000	
21	1.100	25,9	19,7	0,491	540,594	0,000	
22	850	26,8	20,4	0,535	454,378	133,641	3° Raleo comercial
23	850	27,7	21,1	0,581	493,590	0,000	
24	850	28,6	21,8	0,630	535,454	0,000	
25	850	29,5	22,5	0,682	580,056	0,000	
26	850	30,4	23,2	0,738	627,483	0,000	
27	850	31,3	23,9	0,797	677,822	0,000	
28	850	32,2	24,6	0,860	731,160	0,000	
29	600	33,1	25,3	0,927	555,941	231,642	4° raleo comercial
30	600	34	26	0,997	598,008	0,000	
31	600	34,7	26,5	1,052	631,351	0,000	
32	600	35,4	27	1,110	666,036	0,000	
33	600	36,1	27,5	1,170	702,089	0,000	
34	600	36,8	28	1,233	739,537	0,000	
35	600	37,5	28,5	1,297	778,406	0,000	
36	350	38,2	29	1,365	477,589	341,135	5° Raleo comercial
37	350	38,9	29,5	1,434	501,967	0,000	
38	350	39,6	30	1,506	527,220	0,000	
39	350	40,3	30,5	1,581	553,365	0,000	
40	350	41	31	1,658	580,416	0,000	
41	0	41,7	31,5	1,738	0,000	608,388	Cosecha

Nota: *Dap, altura y Función de volumen según Grosse et al., 1990; 1991*

2.1 Plantaciones en rodales mixtos

En relación a la asociación de especies en rodales mixtos, siempre deben ser analizadas las relaciones interespecíficas, tales como alelopatía, compatibilidad y complementación (Wrann, 1983).

Si la meta es trabajar con bosques mixtos, el aromo australiano se presta favorablemente a ser establecido en mezclas. Crece bien con *Eucalyptus*, Pino oregón, Pino insigne y otras. También puede ser mezclado con *Nothofagus*. Sin embargo, para decidir el espaciamiento y modalidad de mezcla, deben existir antecedentes sobre la dinámica de crecimiento juvenil de las especies participantes en el sitio donde se desee instalar *Acacia melanoxylon* (Siebert, 1994).

Los estudios del CSIRO (Khanna, 1999) indican que las plantaciones mixtas de Eucalipto con *Acacia* entregan mejor calidad en madera, y también beneficios medio ambientales. Resultados similares se encontraron en los años 1996 y 1997 en los estudios realizados por la Universidad Austral de Chile (Yañez, 1996; Reinike, 1996 y Toledo, 1997).

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

Un rodal mixto de *Eucalyptus globulus* y *Acacia melanoxylon*, de 13 años de edad y 6,1 ha de extensión, ubicado en el fundo Escuadrón, Concepción, fue inventariado y sirvió de base para la selección de los árboles muestra para la determinación de biomasa y patrón de crecimiento en diámetro, altura y volumen del rodal (Toledo, 1997). Los resultados de este estudio señalan que en cuanto a biomasa, el eucalipto concentraba el 72% y el aromo el 28%, donde el principal componente correspondió al fuste con 82,66%. La biomasa total del rodal ascendió a 304,65 t/ha.

Para el incremento en volumen se puede señalar que las curvas de crecimiento son muy similares para ambas especies hasta los cuatro años cuando eucalipto sobrepasa a aromo, alcanzando un volumen acumulado de 145 m^3/ha a la edad de 13 años, contra sólo 59,5 m^3/ha de aromo. Este dato es interesante dado el valor que alcanza la madera aserrada de *Acacia melanoxylon*, muy superior al precio alcanzado para *E. globulus* (Prado *et al.*, 1986, citado por Toledo, 1997).

3. Crecimientos y Rendimientos Observados

De acuerdo a estudios (INFOR, 1997; Higa *et al.*, 1998; INFOR, 1999) las especies del género acacia crecen aproximadamente desde 10 a 25 m^3/ha/año, variando según diferentes sitios, especie, procedencia de la especie, técnicas de establecimiento y manejo, entre otras.

A continuación se entrega algunos antecedentes sobre la biometría de las especies, obtenidos tanto en el extranjero como en Chile.

3.1 Crecimientos observados a nivel internacional

3.1.1 Acacia melanoxylon

A nivel internacional, la información referente a aromo australiano es limitada. Sin embargo, la literatura aporta antecedentes dendrométricos de la especie en países como Australia y Sudáfrica. En general, en estos países se habla de incrementos volumétricos que fluctúan entre 10 y 16 m^3/ha/año, siendo éste un valor aceptable para incorporar la especie a programas de forestación con plantaciones comerciales (Salinas, 1995).

Lo que se pretende es llegar a rotaciones de 40 años, con rangos de crecimiento en diámetro entre 50 y 60 cm y más del 90% del fuste duraminizado (Esterhuyse, 1985; Gleason, 1986; Gomes, 1988, citados por Salinas, 1995).

En Sri Lanka, *Acacia melanoxylon* presenta interesantes incrementos en diámetro y altura; pudiendo, a los 15-16 años, alcanzar DAP de 24 cm y altura de 21 metros, lo cuál significa un incremento medio anual en DAP de 1,6-1,5 cm/año y en altura de 1,4-1,32 m/año. Si se aumenta la rotación a 30 años se observa un DAP de 37 cm y una altura de 32 metros; sin embargo, los incrementos medios anuales en DAP y altura bajan a 1,23 cm/año y 1,06 m/año, respectivamente.

Estudios realizados en *Acacia melanoxylon* en Sudáfrica por De Zwaan (1981) entregaron los siguientes resultados en ensayos de raleo: el incremento medio anual en volumen a la edad de 34 años es de 3,78 m^3 para un raleo fuerte, 6,31 m^3 para el moderado y 5,23 m^3 para el raleo suave. Para el raleo medio es necesario destacar que la densidad era de 395 árboles por hectárea, con un DAP promedio de 37,7 cm y un volumen de 214,7 m^3/ha.

En los pantanos ubicados al sur y al este de Smithon (NW de Tasmania), el crecimiento en diámetro del aromo australiano fluctúa entre los 0,5 y 1 cm/año, siendo más frecuente 0,7 cm/año. En la mayoría de los sitios se producen rollizos aserrables con diámetros de 50 cm en rotaciones de 70 años (Forestry Commission Tasmania, 1981, citado por Pinilla, 2000), en donde se concluye que el crecimiento diametral está fuertemente influenciado por la densidad.

En los pantanos, la densidad óptima es de alrededor de 200 árboles por hectárea. En rodales más densos no se alcanzan los 50 cm de DAP. Debido a lo anterior, en todos los rodales con más de 250 árboles/ha se realizan raleos.

En Portugal se han medido incrementos medios en volumen entre 10 y 15 m^3 a la edad de 42 años, con un DAP de 50 cm, una altura promedio de 21,3 m y una densidad de 200 árboles por hectárea (Gomes, 1988).

3.1.2 Acacia mearnsii

Acacia negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) es una especie arbórea nativa de Australia y empezó a ser plantada comercialmente en Brasil a partir de 1930. Las primeras plantaciones, ubicadas en Rio Grande do Sul, tenían como objetivo producir corteza para extracción de tanino para el curtido de cueros. Actualmente está siendo utilizada como materia prima para fabricación de papel. En el Estado de Rio Grande do Sul, Brasil, existen más de 140 mil ha plantadas con esta especie, la mayoría de ellas en pequeñas propiedades de las cuales participan más de 10 mil productores. A la edad de 8 años, una de estas plantaciones produce aproximadamente 200 m^3/ha de madera y 16 toneladas por hectárea de corteza de las que aproximadamente el 28% corresponde a tanino (Higa *et al.*, 1998; Pinilla y Gutiérrez, 2000).

Con respecto a la corteza, productores brasileños señalan que 400 ton de corteza generan 100 ton de taninos (rendimientos de 16-20 ton/ha), existiendo diferencias de precio de compra de acuerdo al tipo y calidad de la corteza, lo que influye en el contenido de taninos. Es así como corteza de árboles recién cosechados y de edades por sobre 6 años tiene el mejor precio de compra. Por el contrario, corteza con un mayor tiempo de ser extraída o de menor edad es castigada en su precio (Pinilla y Gutiérrez, 2000).

Las plantaciones de *Acacia mearnsii* frecuentemente son manejadas para producir corteza en una rotación de 7 a 12 años. El rendimiento típico de una plantación comercial bien manejada de 10-11 años en Natal, Sudáfrica, es de 21 t/ha de corteza seca y 112 t/ha de madera seca al aire. En el más fresco Transvaal los mismos resultados corresponden a 16,6 y 74,8 t/ha, respectivamente. A esta edad los árboles miden 17,4 m de altura y 14,5 cm de diámetro en Natal, y 14,4 m y 13,4 cm en Transvaal (Stubbing y Shonau, 1982, citados por Kannegiesser, 1990).

En sitios apropiados y donde los árboles son fertilizados, es posible obtener un incremento medio anual de 15 - 25 m^3/ha de madera a los 7 - 10 años (Turnbull, 1986).

En Brasil, en los mejores suelos, es usual utilizar un menor espaciamiento inicial a fin de evitar competencia entre los árboles y obtener un mayor volumen de madera, empleando espaciamientos de 3 x 3 metros a 2,5 x 3 metros. En relación con las técnicas de establecimiento, éstas son simples. Normalmente el agricultor usa el fuego para limpiar los campos, consiguiendo con esto romper la latencia de las semillas de Acacia y favorecer su germinación. Posteriormente, dependiendo de la magnitud de la regeneración, puede manejarla o realizar una plantación. El uso de fertilizantes es una práctica eventual (Pinilla y Gutiérrez, 2000).

En Indonesia se ha encontrado que las rotaciones cortas de 7 a 10 años o menores son las más económicas para estas plantaciones. Esto aporta una producción de madera que fluctúa entre 10 y 25 m^3 ssc/ha y entre 800 y 4.000 kg de corteza, dependiendo del sitio (National Academy of Sciences, 1980). En Fukuoka (Japón), las plantaciones no manejadas que se establecieron en suelos derivados de granitos presentaron alturas de 7 m a los 3 años; 13 m a los 6 años y 15 m a los 8 años. Los DAP medios de estos rodales fueron 0,6 cm al primer año; 5 cm a los 3 años y 13 cm a los 8 años. A los 10 años y con 1.500 arb/ha al final de la rotación se produjeron 12 t/ha de corteza y 130 m^3/ha de madera. Con un manejo apropiado se puede obtener alrededor de 200 m^3/ha de madera a los 10 - 11 años (Kannegiesser, 1990).

3.1.3 Acacia dealbata

En relación a *Acacia dealbata* se obtuvo información de estudios en Argentina. En este país se observaron crecimientos iniciales de 4,4 m en altura en plantas de 5 años, lo cual la cataloga como una especie de rápido crecimiento (Grosse *et al.*, 1990).

3.2 Crecimientos observados a nivel nacional

3.2.1 Acacia melanoxylon

A continuación se entrega algunos parámetros de rodales de *Acacia melanoxylon* estudiados en la Isla Grande de Chiloé, en la zona de Arauco y en la zona centro sur entre Cautín y Vadivia (Grosse *et al.*, 1990, citado por Salinas, 1995).

La edad de rodales en Chiloé fluctúa entre los 16 y 20 años, con densidades de alrededor de 1.000 a 1.600 árboles por ha, DAP promedio de 24 cm, altura promedio de 20 a 25 m y volumen que oscila entre los 600 y 800 m^3ssc/ha. Los incrementos medios son: en volumen de 30 a 40 m^3ssc/ha, en DAP de 0,77 a 1,22 cm/año y en altura de 0,64 a 0,93 m/año (Grosse *et al.*, 1990, citado por Salinas, 1995).

Para esta especie y de acuerdo a los antecedentes anteriores, se deduce que en los primeros años de desarrollo el crecimiento es moderado y aumenta hasta llegar a un máximo que fluctúa entre los 16 y 22 años.

En Arauco a la edad de 28 años se presenta un rodal con DAP medio de 22,5 cm y altura de 18,8 m. En tanto que a la edad de 44 años, aproximadamente, se registran DAP de 38 cm y altura de 28,6 m.

Entre Cautín y Valdivia, de acuerdo a mediciones realizadas por Cerda (1994), citado por Salinas (1995), un rodal de 30 años con 1.000 árboles por hectárea presenta DAP de 30,89 cm, altura de 29,59 m, volumen total de 1.103 m^3 ssc/ha y un incremento medio en volumen de 36,77 m^3/ha/año. Por otro lado, un rodal de 17 años con más de 4.000 árboles por hectárea no superaría los 360 m^3/ha y un incremento medio en volumen de 21,18 m^3/ha/año. Los antecedentes son bastante fluctuantes debido a las características de densidad de los rodales y sus condiciones edafoclimáticas.

Sin embargo, dentro de esta misma zona (Freire) se han registrado 36 m^3 de incremento anual en volumen a los 10 años de edad, con DAP y altura de 22 cm y 22 m, respectivamente. Esto corroboraría la alta productividad de algunos sitios del país para el desarrollo del aromo australiano (Salinas, 1995).

Para el aromo australiano es indudable que en algunas zonas del sur de Chile existen condiciones de sitio que permiten buenos rendimientos en volumen y crecimiento en diámetro.

A nivel general, y por los antecedentes obtenidos en la bibliografía, pareciese ser que para *Acacia melanoxylon* la productividad del sitio en Chile es mayor que lo que expresa dicha literatura en relación al mismo tema en el ámbito internacional.

Lo anterior haría de Chile un país muy interesante para establecer aromo australiano con fines comerciales si se considera que tanto los rodales de Chiloé, como los de Arauco presentan restricciones para el buen desarrollo ya que éstos se encuentran sobre suelos erosionados o con una capa de fierrillo. Por la información disponible se puede inferir que el mayor incremento en volumen se produce en los primeros 20 años, siendo el período de los 10 años un poco menor en incremento en volumen que el comprendido entre los 10 a 20 años de edad. Además, es interesante mencionar que a mayor altura de copa, menor es el incremento diametral, por lo cual, cualquier manejo de la especie debería estar orientado a efectuar podas moderadas para no retrasar demasiado el crecimiento (Salinas, 1995).

3.2.2 Acacia mearnsii

En parcelas de introducción de especies instaladas en la Hacienda Rucamanqui (VIII Región), de propiedad de Forestal y Agrícola Monteáguila S.A., el desarrollo de *Acacia mearnsii* y *Acacia dealbata* mostró ser sobresaliente, con incrementos de 32 m^3/ha/año para la última especie (INFOR, 1995). La empresa propietaria ha realizado ensayos de pulpaje para estas especies y sus características han resultado ser apropiadas para la producción de pulpa en mezcla con *Eucalyptus sp.*

Con respecto a *Acacia mearnsii*, los estudios de crecimiento y rendimiento están en curso, pero los resultados son aún preliminares y apuntan más a la selección de procedencias y técnicas de establecimiento y manejo, dada la escasez de rodales con esta especie en Chile.

INFOR (1998) realizó una serie de estudios a partir de un rodal de *A. mearnsii* de 6,5 años de edad, ubicado en la Región Metropolitana, predio Santa María de Tantehue y que cubre 0,8 ha. Como antecedente, se puede mencionar que el rodal presentaba una tendencia a la bifurcación a temprana edad, desarrollando en promedio 1,7 pies por cada punto de plantación original. Sin embargo, otros dos ensayos de INFOR con esta especie: Los Ñadis (X Región) y Antiquina y Hualqui (VIII Región) (Figura 1), no presentan bifurcaciones (INFOR, 1999).



Figura 1. Izquierda: *A. mearnsii* de 10 años, predio Los Ñadis, Máfil (X Región); Derecha: *A. mearnsii* de 9 años, ensayo Antiquina (VIII Región)

Del estudio en la Región Metropolitana se originaron una serie de relaciones estáticas y dinámicas, las que si bien son de un carácter local, permiten obtener una primera aproximación a las características de crecimiento de esta especie. Estas relaciones deberán ser validadas en la medida que se cuente con más información y de diversos sitios de origen en Chile.

Entre las relaciones más relevantes obtenidas para *A. mearnsii* se pueden mencionar (INFOR, 1998):

• Relación DAP - Altura

$$H = EXP\ (1{,}281 * DAP^{0{,}237})$$

En que:

H = Altura total (m).
DAP = Diámetro con corteza a 1,3 metros de altura (cm).

• Función de espesor de corteza

Esta variable es especialmente importante debido a que uno de los principales usos de esta especie es la extracción de taninos desde su corteza. El modelo quedó definido por la siguiente expresión:

$$EC = 0{,}167 * H + 0{,}177 * DMED + 1{,}831 * DMED/H$$

En que:

EC = Espesor de corteza a la altura de medición del diámetro (mm).
DMED = Diámetro de medición a cualquier altura, con corteza (cm).

• Función de volumen

En la cubicación del volumen de árbol individual se utilizó el modelo de Spurr (1952) el cual presenta valores satisfactorios de los diferentes indicadores de la bondad de ajuste. El modelo final correspondió a:

$$V = 0{,}001000457 + 0{,}000023538 * DAP^2 * H$$

En que:

V = Volumen comercial hasta un diámetro límite de utilización de 5 centímetros (m^3ssc).
H = Altura total (m).
DAP = Diámetro con corteza a 1,3 metros de altura (cm).

• Función de ahusamiento

El modelo de ahusamiento (forma del árbol) determinado correspondió a:

$$d/DAP = 0{,}862*\{(H-h)/(H-1{,}3)\} + 0{,}096*\{(H-h)/(H-1{,}3)\}^3$$

En que:

d = Diámetro de la sección del fuste medido a la altura h del árbol (centímetros sin corteza).
h = Altura de medición o de estimación (m).
H = Altura total (m).

• Modelo de crecimiento en DAP

INFOR (1998) menciona que en el ensayo del predio Tantehue, en la estimación del crecimiento en DAP, resultaron significativas las variables DAP y Edad, siendo el modelo final el siguiente:

$$IDAP = -0{,}079777*DAP2 + 0{,}000102*EDAP + 0{,}775457*DAP + 0{,}283856*DAP/E + 0{,}49524*LN(1/DAP)$$

En que:

IDAP = Incremento anual en DAP (cm).
E = Edad de la plantación en años, los meses se expresan como décimos de año (por ejemplo, 6 meses = 0,5 años).
EDAP = Edad multiplicado por DAP.

• Modelo de crecimiento anual en altura

En este modelo resultaron significativas las variables altura total, DAP y Edad. La expresión resultante correspondió a:

$$IHT = 1,108*(H/E)0,257 + 0,373*(DAP/E)$$

En que:

IHT = Incremento anual en altura (m).

Otro resultado de esta investigación fue que *Acacia mearnsii* presentó una notable respuesta en las variables altura y DAP, al comparar valores medios de parcelas raleadas con las testigos. Este resultado es interesante considerando el breve lapso transcurrido hasta la primera evaluación (6 meses). De esta forma, los tratamientos sin raleo presentan valores superiores en volumen por hectárea que aquellas parcelas con raleo, diferencia que sin embargo no es significativa al ser evaluada con diferentes niveles de confianza.

3.2.3 Acacia dealbata

Fuentes (1993), señala que en un rodal puro de *Acacia dealbata* de 15años de edad, ubicado en el predio Peñas Verdes, VIII Región, presentó un volumen promedio, hasta el diámetro límite de utilización de 10 cm, de 382,8 m^3 y una altura media dominante de 24,6 m.

Los incrementos medio anuales en DAP fueron de 2,7 cm y en altura total de 2,7 m. Los máximos incremento en DAP fueron de 3,2 cm a los 4 años y 2,8 m en altura a los 2 años (Fuentes, 1993).

En este estudio el mismo autor determinó una función para el crecimiento en volumen total en relación a la edad:

$$VOLUMEN = 1,691084 * (1-EXP(-0,111396*E))3,32895$$

La función local de volumen ajustada en m^3 ssc hasta un diámetro límite de utilización de 10 cm, está libre de sesgo y posee un error máximo de 18,9% para un nivel de significancia de 0,05%. Esta función es válida para diámetros entre 10,2 y 35,1 cm y su expresión es:

$$V = -0,1963572 + 0,0193789 * DAP + 0,0000122 * DAP\ 3$$

4. Antecedentes Biométricos Principales

La investigación realizada por INFOR en los últimos años ha permitido reunir información entre la VIII y X Región para las especies consideradas. Esto ha servido para generar una primera aproximación a las herramientas de gestión y manejo que ayuden a estimar el crecimiento y rendimiento de estas especies, en la perspectiva de productos a generar.

En relación con los estudios de rendimientos, en ensayos de INFOR (1999) y parcelas permanentes, se ha observado que *Acacia dealbata* ha confirmado ser la especie más promisoria, presentando el mejor desarrollo de todas las ensayadas.

4.1 Modelos de gestión forestal

A partir de la información, INFOR ha generado los siguientes modelos de gestión forestal para Acacias en Chile:

a) Modelo de Sitio

Se han determinado ecuaciones de crecimiento en altura basadas en los modelos tradicionales. Aún cuando el rango de edad que cubren los datos existentes es limitado, la información permitió hacer una evaluación general del modelo. Se ajustaron funciones de sitio a través de regresión no lineal. El modelo correspondió a la ecuación de Chapman y Richards:

$$\cdot S = a * \{1 - [1 - (H/a)^b]tc / t\}^{1/b}$$
$$\cdot H = a * \{1 - [1 - (S/a)^b]t / tc\}^{1/b}$$

El modelo que entregó los mejores ajustes correspondió a:

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

En que:

H = Altura dominante de los 100 árboles mayores por hectárea (m).
S = Índice de Sitio (Altura dominante de los 100 árboles más gruesos por hectárea) para edad clave de 10 años (m).
t = Edad en años.
tc = Edad índice o clave; 10 años.
a, b = Coeficientes

El modelo fue ajustado diferenciado por especies y en común. La edad mínima de ajuste fue de 3 años.

Debido al rango de edades de la información utilizada en la construcción del modelo, se definieron 6 sitios con una edad máxima de proyección de 30 años. Los sitios se definieron por la altura dominante alcanzada a la edad de 20 años, realizando una clasificación en rangos de 3 metros, reportando la productividad del sitio.

Este trabajo permitió definir inicialmente para acacias que crecen en Chile, los índices de sitio 15, 18, 21, 24, 27 y 30 metros.

El resultado de las proyecciones en altura dominante para los diferentes Índices de Sitio se presenta en la siguiente figura:

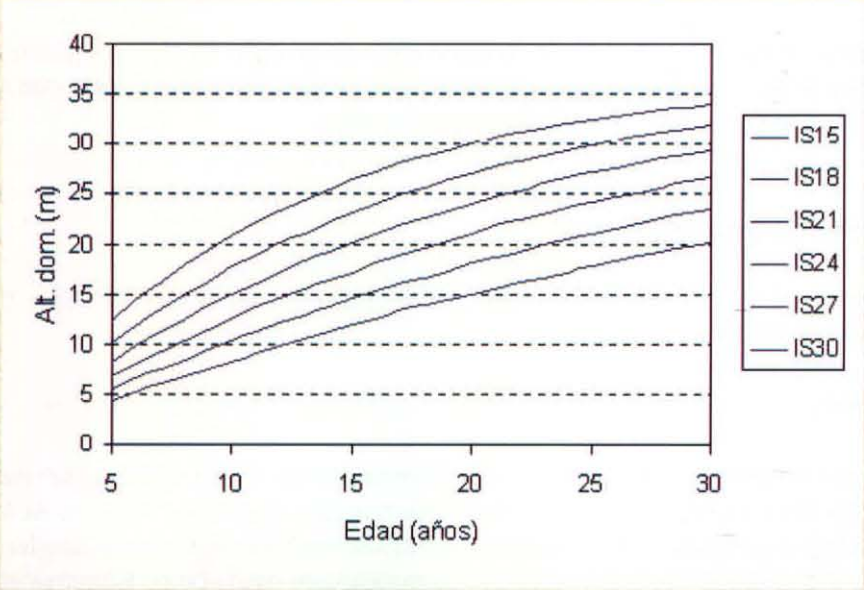


Figura 2. Función de Índice de Sitio para diferentes clases de sitio (15 a 30)

En el gráfico anterior se observan las proyecciones de la función de Índice de Sitio obtenida hasta la edad de 30 años. Se observa que a esa edad los sitios alcanzan una altura dominante de entre 20 a 35 metros, similares a las registradas en pino radiata y eucaliptos.

En el caso particular de *A. melanoxylon*, se obtuvo un modelo experimental para el sitio, el cual correspondió a:

$$\Rightarrow Hd = 38{,}1*\{1-(1-[S/38{,}1]^{0{,}69})^{[E/20]}\}^{[1/0{,}69]};\ [E \geq 3]$$

b) Modelo de rendimiento en área basal

Con la información derivada del análisis de los datos se ha estimado el comportamiento del área basal, utilizable tanto para *A. dealbata* y *A. melanoxylon*. El modelo que entregó los mejores resultados es:

$$\Rightarrow G = EXP[-2{,}6947410 - (9{,}2632748/E)] * [N\ ^{\wedge}\ (^{0{,}4639877 + (1{,}9560908/E)})] * [Hd\ ^{\wedge}\ (1{,}0104652 - (3{,}5246982/E))];\quad [E \geq 5]$$

Estadísticos: $R^2 = 0{,}78$ $\quad ECM\% = 15{,}3$

En que:

G_r = Área basal (m^2/ha).
H = Altura dominante para los 100 árboles más gruesos (m).
N = Densidad (arb/ha).
E = Edad (años).
b0, ..., b5 = Coeficientes

c) Mortalidad natural

Para obtener una aproximación del comportamiento de la mortalidad se intentó ajustar por regresión no lineal un modelo utilizado previamente por INFOR (Pinilla *et al.*, 2001), el cual es:

$$\Rightarrow N_2 = N_1 (t_2 / t_1)^{b1} EXP [b0 (t_2 - t_1)] \qquad \textit{(Clutter et al., 1983)}$$

En que:

N_2 = Número de árboles por hectárea en t_2.
N_1 = Número de árboles por hectárea en t_1.
t_2 = Edad del rodal en el período 2.
t_1 = Edad del rodal en período 1.
b0, b1 = Coeficientes

d) Modelo de predicción para Volumen Total

En base al volumen por hectárea calculado según la función de volumen de árbol individual, se desarrolló una función de volumen por hectárea a través de una regresión lineal paso a paso de las siguientes características:

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

Estadísticos: $R^2 = 0{,}98$ $\quad ECM\% = 6{,}6$

En que:

V = Volumen para un índice de utilización de 10 cm (m^3 ssc /ha).
G = Área basal (m^2/ha).
Hd = Altura dominante (m).
N = Densidad (arb/ha).

4.2 Usos de los modelos desarrollados

Estos modelos se constituirán en las herramientas para futuras estimaciones de rendimiento y crecimiento de estas especies, y conformar un elemento de de trabajo que permita la estimación de los parámetros más importantes a nivel de rodal.

El desarrollo de estos modelos permiten entregar algunos comentarios con respecto a su utilización (Pinilla *et al*, 2002):

- La asíntota en altura obtenida para *Acacia dealbata* y *A. melanoxylon* corresponde a 37,1 m.
- El modelo de sitio reportado presenta adecuadas capacidades de estimación.
- El modelo de rendimiento en área basal puede ser utilizado para determinar el valor inicial para una edad, altura dominante y densidad determinada.
- El modelo de crecimiento y rendimiento para acacias se considera confiable para su uso, teniendo en cuenta las limitaciones de la información con que se trabajó.
- Se pone de manifiesto la necesidad de contar con datos provenientes de mayores rangos de edades y sitios.

Es necesario mencionar que al igual que otros estudios de esta naturaleza, es necesario velar por la estabilidad del modelo en su conjunto, es decir que las distintas funciones que lo componen arrojen valores relativamente lógicos dentro del rango de edad para el que ha sido desarrollado (3 a 30 años).

4.3 Planilla de rendimiento

Los modelos anteriormente expuestos se incluyeron en una planilla en formato Excel, con celdas protegidas. En esa planilla se puede leer los rendimientos en volumen, altura y área basal a una edad determinada. Dado que aún no se cuenta con una función de crecimiento no se puede hacer proyecciones para períodos muy extensos. Por lo tanto las proyecciones son en un rango pequeño a partir del punto de inicio. Por tratarse de un formato en planilla electrónica el sistema de acceso es simple y amigable para el usuario.

Este modelo está en su etapa inicial de evaluación por los usuarios, siendo en un principio diseñada para rodales de acacia entre la VIII y X Región (Figura 3).

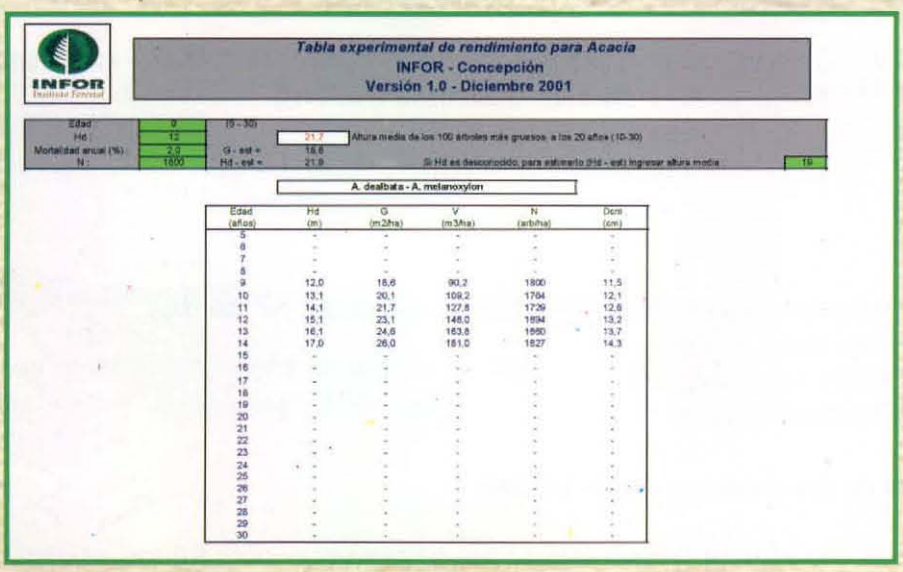


Tabla experimental de rendimiento para Acacia
INFOR - Concepción
Versión 1.0 - Diciembre 2001

Edad:	9	(5 - 30)		
Hd:	12		21,7	Altura media de los 100 árboles más gruesos, a los 20 años (10-30)
Mortalidad anual (%):	2,0	G - est =	18,6	
N:	1800	Hd - est =	21,9	Si Hd es desconocido, para estimarlo (Hd - est) ingresar altura media: 19

A. dealbata - A. melanoxylon

Edad (años)	Hd (m)	G (m2/ha)	V (m3/ha)	N (arb/ha)	Dcm (cm)
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
9	12,0	18,6	90,2	1800	11,5
10	13,1	20,1	109,2	1764	12,1
11	14,1	21,7	127,8	1729	12,6
12	15,1	23,1	146,0	1694	13,2
13	16,1	24,6	163,8	1660	13,7
14	17,0	26,0	181,0	1627	14,3
15	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-

Figura 3. Planilla Experimental de crecimiento para *Acacia* desarrollada por INFOR

4.4 Otros antecedentes de rendimiento

En relación con los estudios de rendimiento, en ensayos de INFOR (INFOR, 1999; Pinilla *et al*, 2002), se ha observado fuertes incrementos en altura y diámetro de las especies de acacia, siendo *Acacia dealbata* y *A. mearnsii* especies promisorias.

Los valores dasométricos reportados desde parcelas permanentes señalan que el volumen total varía entre 100 y 400 m^3/ha dependiendo de la edad para el caso de *A. dealbata* y de valores aún mayores en el caso de *A. melanoxylon*. En promedio, a la edad de 17 años se reportan volúmenes de 327 m^3/ha en el caso de *A. melanoxylon*, y en el de *A. dealbata* de 220 m^3/ha a la edad de 19 años (INFOR, 1999; Pinilla *et al*, 2002).

Para confirmar los valores obtenidos y presentados en este libro, es recomendable no abandonar la investigación, especialmente si se considera que la determinación de rotaciones óptimas es una herramienta indispensable para la gestión de estas plantaciones. Por ejemplo, si se considera que *A. dealbata* tiene aptitud pulpable, rotaciones mayores a 12 años no se justificarían dado que a esa edad los rendimientos serían cercanos a los 200 a 250 m^3/ha, incluso en sitios marginales (Figura 4).

En cambio, si el objetivo es la madera aserrada de *A. melanoxylon*, los valores en volumen total en pie reportados a los 20 años varían entre 400 a 500 m^3/ha.

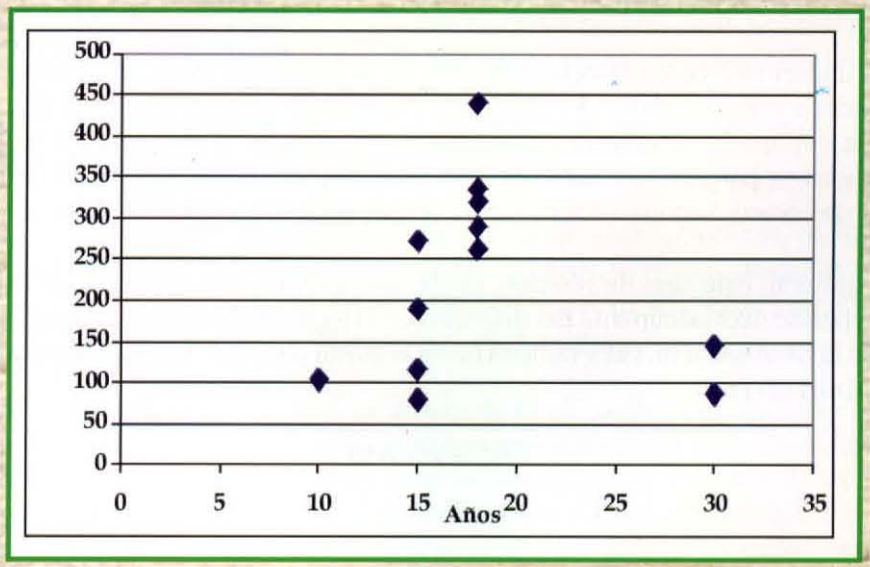


Figura 4. Valores dasométricos observados en *A. dealbata*. Volumen según edad (m^3/ha)

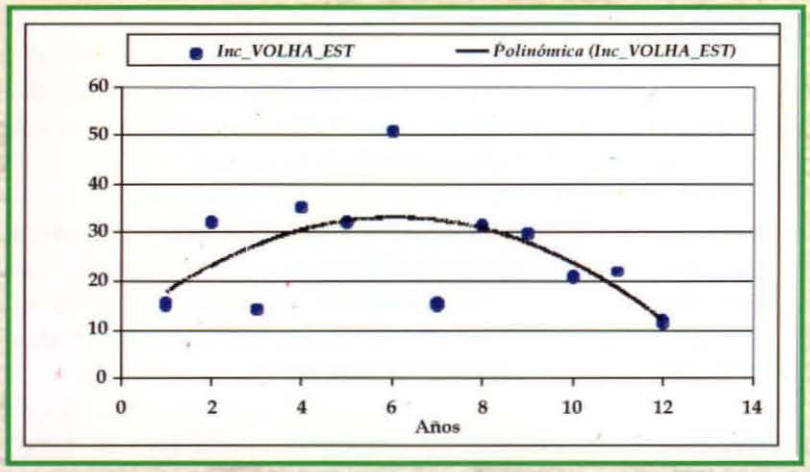


Figura 5. Valores dasométricos observados en *A. melanoxylon*. Incrementos en volumen (m^3/ha/año)

Estos antecedentes son en base a un estudio riguroso y que abarca amplias zonas del sur del país, por lo que podrían ser puntos de referencia para cualquier productor interesado.

Por otra parte, si se tiene en cuenta que los valores aquí reportados provienen de rodales sin intervenciones silvícolas y establecidos con semilla sin ningún grado de mejora genética, los volúmenes registrados se pueden considerar como una cota inferior para los rodales de esta especie crecidas en Chile.

Tan importante como la determinación de la forma del árbol, especialmente en el caso de *Acacia mearnsii*, lo es el estudio del espesor de corteza a lo largo del fuste. Por ello, con la información recopilada desde diferentes ensayos (Especies y Procedencias de *Acacia*, Progenies, parcelas permanentes y parcelas temporales) se obtuvo una relación para el espesor de corteza, variable importante en el caso de la producción de taninos.

En general, este tipo de relación es de una forma lineal en la que el espesor de corteza depende exclusivamente del diámetro en el lugar de medición, variando desde un máximo en la base hasta un valor mínimo hacia la punta del árbol. La expresión matemática de esta expresión es:

$$EC = a + b*D$$

En que:

EC = Espesor de corteza (mm)
D = Diámetro a la altura de medición (cm)
a,b = Coeficientes de la función

4.5 Modelos de Apoyo

Como complemento a los modelos de gestión forestal para acacias en Chile, se han desarrollado funciones de ahusamiento y volumen de árbol individual, según especie.

Los *modelos de ahusamiento* consisten, básicamente, en relaciones funcionales que usan como variable dependiente el diámetro del fuste a cualquier altura desde el nivel del suelo y, como variables independientes, al igual que en el caso del volumen, variables de estado del árbol que son fáciles de medir, como lo son el DAP y la altura total. Estos modelos posibilitan estimar diámetros en cualquier punto o sección del fuste, proporcionando información acerca de la disponibilidad de madera, permitiendo desagregar las existencias volumétricas según las dimensiones de las trozas bajo cualquier especificación, ya sea sobre su longitud o diámetros límites.

Por otro lado, un modelo de volumen de árbol individual para *Acacia* permitirá una evaluación más precisa del recurso, a través de la estimación del volumen individual del árbol.

A partir de árboles volteados se realizó una medición de diámetros a lo largo de todo el fuste en secciones de un metro hasta un diámetro mínimo de 5 cm. Esta información fue utilizada para el desarrollo de modelos de volumen y ahusamiento para acacias.

El rango de edades utilizado en la muestra total (bajo los 12 años de edad) se estima acorde con las actuales edades de rotación de las plantaciones con acacia destinadas a la producción de pulpa (10 a 12 años), más aún si se toma en cuenta que como resultado del mejoramiento genético a que pueden ser sometidas estas especies, este rango podría disminuir a edades de entre 8 y 10 años.

Con la información depurada se procedió a realizar una serie de análisis para la estimación de los modelo de ahusamiento y volumen individual, utilizando los datos en forma agrupada y desagregada según especie (Figura 6).

4.5.1 Ajuste de un modelo polinomial de ahusamiento

Se ajustaron *modelos polinomiales* generales a los datos obtenidos, repitiéndose el proceso separando la información según especie. El ajuste se realizó utilizando el método de los mínimos cuadrados y, por la combinación de variables empleadas en los modelos considerados, se aplicó la técnica de regresión paso a paso.

Adicionalmente, en el proceso de ajuste de estos modelos se utilizaron variables transformadas, correspondientes a expresiones generales que se relacionan con las diferentes formas que pueden adquirir las variables originales. La aplicación de los diferentes modelos sobre los datos originales del estudio, comparando los diámetros reales medidos con los correspondientes estimados permite evaluar las propiedades de los modelos.

En la selección del modelo de ahusamiento se utilizaron como indicadores de la bondad de ajuste, el error cuadrático medio porcentual (ECM(%)); como indicador de la exactitud de la función; sesgo probable en porcentaje (DIFA(%)); como indicador de la magnitud de los sesgos, el estimador de Durbin-Watson (correlación serial de los residuos del modelo), el coeficiente de correlación y la distribución de los residuos. Se realizaron los ajustes considerando el DAP con corteza y sin corteza para los diámetros medidos a diferentes alturas.

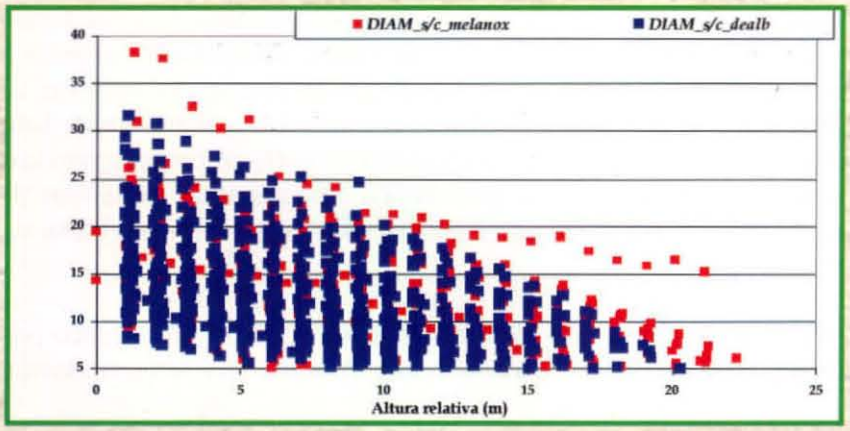


Figura 6. Perfil (forma) de los árboles de Acacia muestreados

4.5.2 Volumen

Los volúmenes de cada árbol pueden obtenerse a través de diferentes procedimientos prácticos y teóricos. Uno de lo más recurrido es la cubicación por secciones, los árboles muestra se seccionan en largos relativos o absolutos y se calcula el volumen de cada una. La exactitud de las estimaciones que resulten de la aplicación de este procedimiento depende del número de secciones.

La fórmula de cubicación más conocida es la de Smalian (igual a un paraboloide truncado) (Alder, 1980) y tiene la siguiente expresión:

$$\textbf{Smalian :}\ v = (g_b + g_s) * \frac{l}{2}$$

En que:

gb, gs: Áreas de las secciones extremas de cada troza.
l : Largo de la sección utilizada.

Los datos fueron analizados para cada especie separadamente. Los volúmenes individuales fueron determinados por la acumulación de volúmenes de pequeñas secciones observadas e interpoladas calculados con Smalian (hasta diámetros sin corteza de 5 cm) (Figura 7).

Luego las funciones de volumen de árbol individual se ajustaron probando modelos reportados por la literatura, siendo el más conocido el de variables combinadas (Spurr, 1952) y el modelo lineal general.

$$Vol = b_0 + b_1 D^2 H \quad \text{[i]}$$

$$Ln(Vol) = b_0 + b_1 Ln(H) + b_2 Ln(DAP) + b_3 DAP \quad \text{[ii]}$$

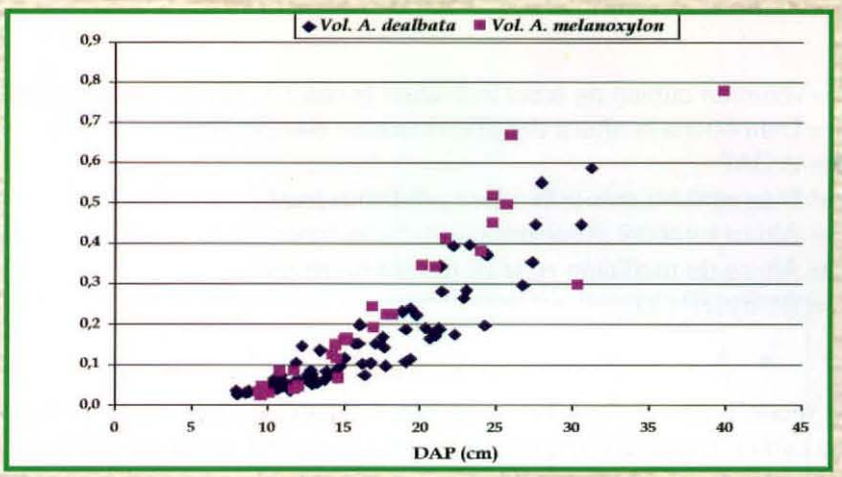


Figura 7. Distribución del volumen de árbol individual para acacias (m^3)

Los modelos obtenidos corresponden a:

⇒ Modelo de volumen de árbol individual para *Acacia dealbata*:

$$VOLUMEN = 0{,}00832259 + 0{,}0000271599*(DAP^2)*H$$

$R^2 = 96\%$; Error estándar = 0,0253663 m^3

⇒ Modelo de volumen de árbol individual para *Acacia melanoxylon*

$$VOLUMEN = 0{,}00570437 - 0{,}00000651172 * DAP^3 + 0{,}0000374164 * D^2 * H$$

$R^2 = 97\%$; Error estándar = 0,0220435 m^3

⇒ Modelo de ahusamiento para *A. dealbata*

$$Y = 0{,}00103673*H + 0{,}00089645*DAP - 0{,}151132*X - 0{,}820101*(h/H) - 2{,}2423*((X^2)-1) + 3{,}1522*(h/H)^2 - 0{,}779797*(h/H)^4 + 0{,}98516*(h/H)^5 + 0{,}120729*((H-h)/H) - 0{,}243933*X^{21} + 0{,}11879*X^8 + 0{,}314039*LN(X) - 0{,}712358*(h/(H-1)) - 0{,}100412*X^{19} + 0{,}0450768*X^{30} - 1{,}2247*(H-h)/H)^{(1+((H-h)/(H-1{,}3)/2))}$$

R2 = 99,9%; Error estándar = 0,00535427

⇒ Modelo de ahusamiento para *A. melanoxylon*

$$Y = 0{,}222143*X^{10} + 0{,}165818*X^{40} - 0{,}0207519*(h/H) - 0{,}844514*(h/H^5) + 0{,}482348*(X\,\hat{}\,1{,}5)-((X^5)) - 0{,}641015*(X^{1,5})-(X^{40})) - 0{,}136532*LN(X) + 0{,}213269*h^{1,5} - 0{,}0129167*(h^2)/((H^2)-1)) + 0{,}619822*H + 0{,}000651259*DAP - 0{,}00087383*h$$

R2 = 99,9%; Error estándar = 0,00551926

En que:

Volumen =Volumen cúbico de árbol individual (m^3ssc), hasta un diámetro límite de 5 cm.
DAP = Diámetro a la altura del pecho, en cm con corteza.
Y = d/DAP
d = Diámetro medido a la altura relativa h (cm).
H = Altura total del árbol (m).
h = Altura de medición relativa del diámetro (m).
X = (H-h)/(H-1,3)

Cada modelo de volumen fue, a su vez, utilizado para generar tablas de volumen aplicables a cada una de las especies. Estas tablas denominadas de doble entrada tienen por finalidad entregar el volumen cúbico de un árbol en base a variables de fácil medición (diámetro y altura) y poder así realizar proyección de rendimiento. Las Tablas de Volumen desarrolladas para *Acacia dealbata* y *A. melanoxylon* se presentan en el Anexo 1.

Los resultados obtenidos indican que los modelos de ahusamiento y volumen serían confiables para su uso, requiriéndose de un mayor número de datos para lograr un mejoramiento de los modelos y de su ajuste (Figuras 8 a 10).

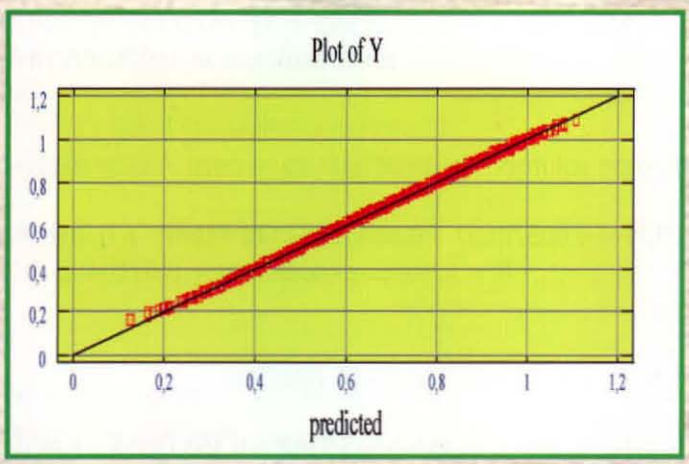


Figura 8. Relación entre los valores reales (observados) y los estimados por el modelo de ahusamiento de *A. dealbata*

En el caso de los modelos de ahusamiento que entregaron una mejor correlación con los datos originales, estos correspondieron a uno del tipo polinomial extendido generado por regresión paso a paso.

Dada una medición de la altura relativa (h), y conociendo la altura total (H) y el DAP del árbol, es posible estimar el diámetro sin corteza (d) a la altura relativa requerida a través de la expresión:

$$d = (Y) * DAP$$

En que:

Y = d/DAP
d = Diámetro medido a la altura relativa h (cm).

En el caso del volumen, utilizando la altura del árbol y el DAP es posible obtener el volumen cúbico total hasta un diámetro límite de utilización de 5 cm.

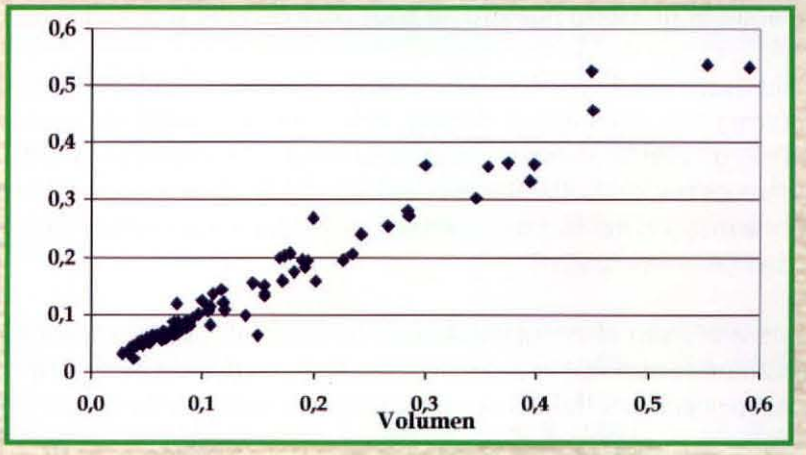


Figura 9. Relación entre el volumen de árbol individual y el estimado para *A. dealbata* (m^3)

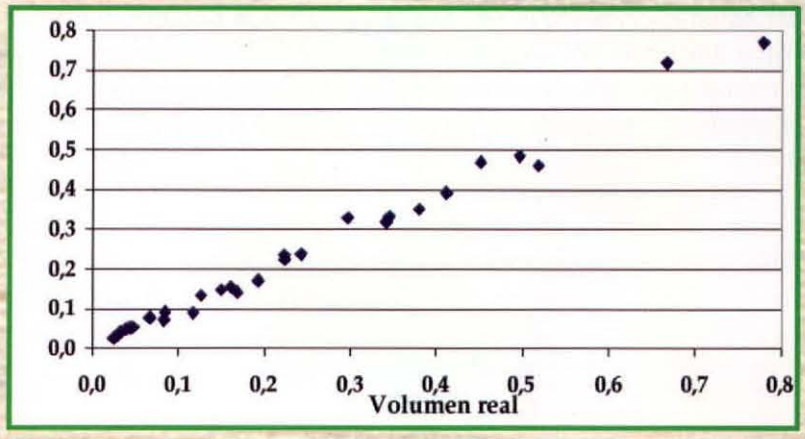


Figura 10. Relación entre el volumen de árbol individual y el estimado para *A. melanoxylon* (m^3)

5. Observaciones y Recapitulación

Las necesidades de información para la modelación del crecimiento de especies del género *Acacia*, requiere al igual que estudios en otras especies, de pares de mediciones separadas por intervalos de tiempo cualesquiera, intentando abarcar un rango de edades, densidades y calidades de sitio. Junto con lo anterior, es aconsejable tener tres o más mediciones sucesivas para comprobar la consistencia de la estimación y detectar errores. Además, es deseable, incorporar los efectos de las variaciones climáticas, no obstante esto requiere abarcar un cierto número de años para obtener resultados representativos.

El trabajo desarrollado por INFOR en estas especies, si bien es un primer esfuerzo por lograr información confiable y certera, refleja la necesidad de contar con mayor información. Esto permitiría abarcar y reforzar el rango de edades para el que la escasez de observaciones es evidente, afectando la validez de las funciones generadas para dicho rango. Por ello, la mayoría de las predicciones están referidas a rodales con un máximo de 30 años de edad (*A. melanoxylon*).

Luego de analizado el comportamiento de los modelos desarrollados en relación con la base de datos de acacia, sin separar por especie, es posible afirmar que la estructura del modelo desarrollado por INFOR es compatible con la información generada desde la red de ensayos.

Este estudio realizado por INFOR se constituye en el primer trabajo sobre acacias creciendo en Chile que abarca un amplio rango geográfico, cuyos resultados han demostrado ser satisfactorios y que se constituyen en una primera herramienta acera de los antecedentes silvícolas relevantes e información de rendimientos y crecimientos alcanzados por estas especies, elementos de vital importancia para la toma de decisiones de futuros o potenciales interesados en el cultivo de estas especies forestales alternativas.

Bibliografía

Alder, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento, con referencia especial a los trópicos. Vol. 2 - Predicción del Rendimiento. FAO. Roma. Roma, Italia, FAO. 2v. SERIE FAO. Estudio FAO Montes n.022.

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

De Zwaan, J.G., 1981. Correlation between crown shape and heigth growth young blackwood trees . S.A. J. 112: 20-22.

Fuentes, S., 1993. Construcción de función local de volumen para *Acacia dealbata* Link y caracterización del rodal ubicado en el Predio Peñas Verdes VIII Región. Tesis de grado presentada para optar al título de Ingeniero Forestal - Universidad de Concepción - Facultad de Ciencias Forestales - Chillán - Chile. 81 p.

Gomes, A., 1988. Estimation of some mensurational parameters in *Acacia melanoxylon.* in Simposio sobre a floresta e ornamento do especie de montante. De. Alvez. 15-23 p.

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

Higa, A.R., Dedecek, R.A., Dos Santos, A.F., Stein, P.P. y Simon, A.A., 1998. Desarrollo de sistemas de producción para acacia negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). Resumen. En Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, 22 a 28 de noviembre de 1998, Valdivia, Chile.

INFOR, 1988. Silvicultura del Aromo Australiano (*Acacia melanoxylon* R. Br.). Informe de avance Proyecto INFOR - CORFO, Diciembre de 1988. 40 p.

INFOR, 1995. Investigación silvicultura de *Acacia melanoxylon.* Informe de avance. INFOR - CORFO. Junio 1995. Concepción. 22p.

INFOR, 1997. Investigación silvicultura *Acacia melanoxylon* y otras acacias. Informe Final. INFOR - CORFO. Concepción. 146 p. más anexos.

INFOR, 1998. Investigación Silvícola Para el Desarrollo Forestal del Secano Interior. Informe Final. INFOR - CORFO. Santiago 150 p.

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.

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.

Khanna, P.K., 1999. Mixed Plantations - Imitating Nature. Media release Ref 99/04, June 1999. CSIRO Forestry and Forest Products.

Khanna, P.K., 1999. Gains from planting eucalypts and acacias, *Onwood: research updates from CSIRO Forestry and Forest Products.* Summer No. 23. CSIRO Forestry and Forest Products, Canberra.

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.; Ferrando, M. y Molina, M.P. 2001. Investigación Modelo de Crecimiento para Eucalipto en Chile. Avances a la Fecha. En Actas: Simposium Internacional IUFRO Desarrollando el Eucalipto del Futuro. Valdivia, Chile. 10-15 septiembre.

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.

Reinike, M., 1996. Comparación del efecto de la exposición, en el desarrollo de plantaciones mixtas en la IX Región. Tesis de grado presentada para optar al título de Ingeniero Forestal - Universidad Austral de Chile - Facultad de Ciencias Forestales - Valdivia. 78 p.

Salinas, E., 1995. Análisis económico de plantaciones comerciales de *Acacia melanoxylon* R. Br. (Aromo australiano) en Chile. Tesis de grado presentada para optar al título de Ingeniero Forestal - Universidad Austral de Chile - Facultad de Ciencias Forestales - Valdivia. 128 p.

Siebert, H., 1994. Aspectos prácticos de la silvicultura del aromo australiano. Tercer taller silvícola - Diversificación y Silvicultura: nuevas experiencias. Concepción, Chile, Octubre 1994. 6-16 p.

Spurr, N., 1952. Forest Inventory. The Ronald Press Company. New York, USA. 476p.

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

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.

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

ANEXO N°1
TABLA DE VOLUMEN DE ÁRBOL INDIVIDUAL PARA *ACACIA DEALBATA Y ACACIA MELANOXYLON*

Tabla de Volumen de árbol Individual: Acacia dealbata
Tipo de volumen cúbico total (m³ ssc) hasta un diámetro límite de 5 cm.
Localidad: VIII a X Región

DAP (cm)	Clase de altura en metros																											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
8	0,0222	0,0240	0,0257	0,0274	0,0292	0,0309	0,0327	0,0344	0,0361	0,0379	0,0396	0,0413	0,0431	0,0448	0,0466	0,0483	0,0500	0,0518	0,0535	0,0553	0,0570	0,0587	0,0605	0,0622	0,0639	0,0657	0,0674	0,0692
9	0,0259	0,0281	0,0303	0,0325	0,0347	0,0369	0,0391	0,0413	0,0435	0,0457	0,0479	0,0501	0,0523	0,0545	0,0567	0,0589	0,0611	0,0633	0,0655	0,0677	0,0699	0,0721	0,0743	0,0765	0,0787	0,0809	0,0831	0,0853
10	0,0301	0,0329	0,0356	0,0382	0,0409	0,0436	0,0463	0,0491	0,0518	0,0545	0,0572	0,0599	0,0626	0,0654	0,0681	0,0708	0,0735	0,0762	0,0789	0,0817	0,0844	0,0871	0,0898	0,0925	0,0952	0,0980	0,1007	0,1034
11	0,0346	0,0379	0,0412	0,0445	0,0478	0,0510	0,0543	0,0576	0,0609	0,0642	0,0675	0,0708	0,0740	0,0773	0,0806	0,0839	0,0872	0,0905	0,0938	0,0971	0,1003	0,1036	0,1069	0,1102	0,1135	0,1168	0,1201	0,1233
12	0,0395	0,0435	0,0474	0,0513	0,0553	0,0592	0,0631	0,0670	0,0709	0,0748	0,0787	0,0826	0,0865	0,0905	0,0944	0,0983	0,1022	0,1061	0,1100	0,1139	0,1178	0,1217	0,1257	0,1296	0,1335	0,1374	0,1413	0,1452
13	0,0450	0,0496	0,0542	0,0588	0,0634	0,0680	0,0726	0,0772	0,0818	0,0864	0,0909	0,0955	0,1001	0,1047	0,1093	0,1139	0,1185	0,1231	0,1277	0,1323	0,1368	0,1414	0,1460	0,1506	0,1552	0,1598	0,1644	0,1690
14	0,0509	0,0562	0,0616	0,0669	0,0722	0,0775	0,0828	0,0882	0,0935	0,0988	0,1041	0,1095	0,1148	0,1201	0,1254	0,1308	0,1361	0,1414	0,1467	0,1521	0,1574	0,1627	0,1680	0,1733	0,1787	0,1840	0,1893	0,1946
15	0,0572	0,0633	0,0694	0,0755	0,0817	0,0878	0,0939	0,1000	0,1061	0,1122	0,1183	0,1244	0,1305	0,1367	0,1428	0,1489	0,1550	0,1611	0,1672	0,1733	0,1794	0,1855	0,1917	0,1978	0,2039	0,2100	0,2161	0,2222
16	0,0639	0,0709	0,0779	0,0848	0,0918	0,0987	0,1057	0,1128	0,1198	0,1265	0,1335	0,1404	0,1474	0,1543	0,1613	0,1682	0,1752	0,1821	0,1891	0,1961	0,2030	0,2100	0,2169	0,2239	0,2308	0,2378	0,2447	0,2517
17	0,0711	0,0790	0,0868	0,0947	0,1025	0,1104	0,1182	0,1261	0,1339	0,1418	0,1496	0,1575	0,1653	0,1732	0,1810	0,1889	0,1967	0,2046	0,2124	0,2203	0,2281	0,2359	0,2438	0,2516	0,2595	0,2673	0,2752	0,2830
18	0,0787	0,0875	0,0963	0,1051	0,1139	0,1227	0,1315	0,1403	0,1491	0,1579	0,1667	0,1755	0,1843	0,1931	0,2019	0,2107	0,2195	0,2283	0,2371	0,2459	0,2547	0,2635	0,2723	0,2811	0,2899	0,2987	0,3075	0,3163
19	0,0866	0,0966	0,1064	0,1162	0,1260	0,1358	0,1456	0,1554	0,1652	0,1750	0,1848	0,1946	0,2044	0,2142	0,2240	0,2338	0,2436	0,2534	0,2632	0,2731	0,2829	0,2927	0,3025	0,3123	0,3221	0,3319	0,3417	0,3515
20	0,0952	0,1061	0,1170	0,1279	0,1387	0,1496	0,1604	0,1713	0,1821	0,1930	0,2039	0,2147	0,2256	0,2365	0,2473	0,2582	0,2691	0,2799	0,2908	0,3016	0,3125	0,3234	0,3342	0,3451	0,3560	0,3668	0,3777	0,3886
21	0,1041	0,1161	0,1281	0,1401	0,1521	0,1640	0,1760	0,1880	0,2000	0,2119	0,2239	0,2359	0,2479	0,2599	0,2719	0,2838	0,2958	0,3078	0,3197	0,3317	0,3437	0,3557	0,3676	0,3796	0,3916	0,4036	0,4155	0,4275
22	0,1135	0,1266	0,1398	0,1529	0,1661	0,1792	0,1924	0,2055	0,2186	0,2318	0,2449	0,2581	0,2712	0,2844	0,2975	0,3107	0,3238	0,3370	0,3501	0,3632	0,3764	0,3895	0,4027	0,4159	0,4290	0,4421	0,4553	0,4684
23	0,1233	0,1378	0,1520	0,1664	0,1807	0,1951	0,2095	0,2238	0,2382	0,2526	0,2669	0,2813	0,2957	0,3100	0,3244	0,3388	0,3531	0,3675	0,3819	0,3962	0,4106	0,4250	0,4394	0,4537	0,4681	0,4825	0,4968	0,5112
24	0,1336	0,1491	0,1648	0,1804	0,1961	0,2117	0,2273	0,2430	0,2586	0,2743	0,2899	0,3056	0,3212	0,3368	0,3525	0,3681	0,3838	0,3994	0,4151	0,4307	0,4464	0,4620	0,4776	0,4933	0,5089	0,5246	0,5402	0,5559
25	0,1441	0,1611	0,1781	0,1950	0,2120	0,2290	0,2460	0,2629	0,2799	0,2969	0,3139	0,3308	0,3478	0,3648	0,3818	0,3987	0,4157	0,4327	0,4497	0,4666	0,4836	0,5006	0,5176	0,5345	0,5515	0,5685	0,5855	0,6024
26	0,1552	0,1736	0,1919	0,2103	0,2286	0,2470	0,2654	0,2837	0,3021	0,3204	0,3388	0,3572	0,3755	0,3939	0,4122	0,4306	0,4490	0,4673	0,4857	0,5040	0,5224	0,5408	0,5591	0,5775	0,5959	0,6142	0,6326	0,6509
27	0,1667	0,1866	0,2063	0,2261	0,2459	0,2657	0,2855	0,3053	0,3251	0,3449	0,3647	0,3845	0,4043	0,4241	0,4439	0,4637	0,4835	0,5033	0,5231	0,5429	0,5627	0,5825	0,6023	0,6221	0,6419	0,6617	0,6815	0,7013
28	0,1787	0,2000	0,2213	0,2426	0,2638	0,2851	0,3064	0,3277	0,3490	0,3703	0,3916	0,4129	0,4342	0,4555	0,4768	0,4981	0,5194	0,5407	0,5619	0,5832	0,6045	0,6258	0,6471	0,6684	0,6897	0,7110	0,7323	0,7536
29	0,1911	0,2139	0,2367	0,2596	0,2824	0,3053	0,3281	0,3509	0,3738	0,3966	0,4195	0,4423	0,4652	0,4880	0,5109	0,5337	0,5565	0,5794	0,6022	0,6250	0,6479	0,6707	0,6936	0,7164	0,7392	0,7621	0,7849	0,8078
30	0,2039	0,2283	0,2528	0,2772	0,3016	0,3261	0,3505	0,3750	0,3994	0,4239	0,4483	0,4728	0,4972	0,5216	0,5461	0,5705	0,5950	0,6194	0,6439	0,6683	0,6928	0,7172	0,7416	0,7661	0,7905	0,8150	0,8394	0,8639
31	0,2171	0,2432	0,2693	0,2954	0,3215	0,3476	0,3737	0,3998	0,4259	0,4520	0,4781	0,5042	0,5303	0,5564	0,5825	0,6086	0,6347	0,6608	0,6869	0,7130	0,7391	0,7652	0,7913	0,8174	0,8435	0,8696	0,8957	0,9218
32	0,2309	0,2588	0,2864	0,3143	0,3421	0,3699	0,3977	0,4255	0,4533	0,4811	0,5089	0,5367	0,5646	0,5924	0,6202	0,6480	0,6758	0,7036	0,7314	0,7592	0,7871	0,8149	0,8427	0,8705	0,8983	0,9261	0,9539	0,9817
33	0,2449	0,2745	0,3041	0,3337	0,3632	0,3928	0,4224	0,4520	0,4816	0,5111	0,5407	0,5703	0,5999	0,6294	0,6590	0,6886	0,7182	0,7478	0,7773	0,8069	0,8365	0,8661	0,8956	0,9252	0,9548	0,9844	1,0139	1,0435
34	0,2595	0,2909	0,3223	0,3537	0,3851	0,4165	0,4479	0,4793	0,5107	0,5421	0,5735	0,6049	0,6363	0,6677	0,6991	0,7305	0,7618	0,7932	0,8246	0,8560	0,8874	0,9188	0,9502	0,9816	1,0130	1,0444	1,0758	1,1072
35	0,2746	0,3079	0,3410	0,3743	0,4076	0,4408	0,4741	0,5074	0,5407	0,5739	0,6072	0,6405	0,6737	0,7070	0,7403	0,7736	0,8068	0,8401	0,8734	0,9066	0,9399	0,9732	1,0064	1,0397	1,0730	1,1063	1,1395	1,1728
36	0,2899	0,3251	0,3603	0,3956	0,4307	0,4659	0,5011	0,5363	0,5715	0,6067	0,6419	0,6771	0,7123	0,7475	0,7827	0,8179	0,8531	0,8883	0,9235	0,9587	0,9939	1,0291	1,0643	1,0995	1,1347	1,1699	1,2051	1,2403
37	0,3058	0,3430	0,3801	0,4173	0,4545	0,4917	0,5289	0,5661	0,6032	0,6404	0,6776	0,7148	0,7520	0,7891	0,8263	0,8635	0,9007	0,9379	0,9751	1,0122	1,0494	1,0866	1,1238	1,1610	1,1981	1,2353	1,2725	1,3097
38	0,3221	0,3613	0,4005	0,4397	0,4789	0,5182	0,5574	0,5966	0,6358	0,6750	0,7143	0,7535	0,7927	0,8319	0,8711	0,9104	0,9496	0,9888	1,0280	1,0672	1,1065	1,1457	1,1849	1,2241	1,2633	1,3025	1,3418	1,3810
39	0,3389	0,3801	0,4214	0,4627	0,5040	0,5454	0,5867	0,6280	0,6693	0,7105	0,7519	0,7932	0,8345	0,8758	0,9171	0,9585	0,9998	1,0411	1,0824	1,1237	1,1650	1,2063	1,2476	1,2889	1,3302	1,3716	1,4129	1,4542
40	0,3560	0,3994	0,4429	0,4863	0,5298	0,5732	0,6167	0,6602	0,7036	0,7471	0,7905	0,8340	0,8774	0,9209	0,9644	1,0078	1,0513	1,0947	1,1382	1,1816	1,2251	1,2686	1,3120	1,3555	1,3989	1,4424	1,4858	1,5293

V = 0,0083225+0,00002*1599*(DAP^2)*H
r = 0,96
SE = 0,0254
n = 77
DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)
H = Altura total (m)
: Señala rango de datos de la muestra utilizada

Tabla de Volumen de árbol Individual: Acacia melanoxylon

Tipo de volumen cúbico total (m^3 sse) hasta un diámetro límite de 5 cm.

Localidad: VIII a X Región

DAP (cm)	Clase de altura en metros																													
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
8	0,0215	0,0239	0,0263	0,0287	0,0311	0,0335	0,0359	0,0383	0,0407	0,0431	0,0456	0,0470	0,0503	0,0527	0,0551	0,0574	0,0598	0,0622	0,0646	0,0670	0,0694	0,0718	0,0742	0,0766	0,0790	0,0814	0,0838	0,0862
9	0,0252	0,0282	0,0313	0,0343	0,0373	0,0404	0,0434	0,0464	0,0494	0,0525	0,0555	0,0585	0,0616	0,0646	0,0676	0,0707	0,0737	0,0767	0,0798	0,0828	0,0858	0,0888	0,0919	0,0949	0,0979	0,1010	0,1040	0,1070
10	0,0291	0,0329	0,0366	0,0404	0,0441	0,0478	0,0516	0,0553	0,0591	0,0628	0,0666	0,0703	0,0740	0,0778	0,0815	0,0853	0,0890	0,0927	0,0965	0,1002	0,1040	0,1077	0,1114	0,1152	0,1189	0,1227	0,1264	0,1302
11	0,0333	0,0378	0,0423	0,0468	0,0514	0,0559	0,0604	0,0649	0,0695	0,0740	0,0785	0,0831	0,0876	0,0921	0,0966	0,1012	0,1057	0,1102	0,1147	0,1193	0,1238	0,1283	0,1329	0,1374	0,1419	0,1464	0,1510	0,1555
12	0,0378	0,0429	0,0483	0,0537	0,0591	0,0645	0,0699	0,0753	0,0807	0,0860	0,0914	0,0968	0,1022	0,1076	0,1130	0,1184	0,1238	0,1292	0,1346	0,1399	0,1453	0,1507	0,1561	0,1615	0,1669	0,1723	0,1776	0,1830
13	0,0420	0,0480	0,0540	0,0600	0,0673	0,0736	0,0799	0,0862	0,0926	0,0989	0,1052	0,1115	0,1179	0,1242	0,1305	0,1368	0,1432	0,1495	0,1558	0,1621	0,1685	0,1748	0,1811	0,1874	0,1937	0,2001	0,2064	0,2127
14	0,0465	0,0539	0,0612	0,0685	0,0758	0,0832	0,0905	0,0978	0,1052	0,1125	0,1198	0,1272	0,1345	0,1418	0,1492	0,1565	0,1638	0,1712	0,1785	0,1858	0,1932	0,2005	0,2078	0,2152	0,2225	0,2299	0,2372	0,2445
15	0,0511	0,0595	0,0679	0,0763	0,0848	0,0932	0,1016	0,1100	0,1184	0,1268	0,1353	0,1437	0,1521	0,1605	0,1689	0,1774	0,1858	0,1942	0,2026	0,2110	0,2195	0,2279	0,2363	0,2447	0,2531	0,2616	0,2700	0,2784
16	0,0557	0,0652	0,0748	0,0844	0,0940	0,1035	0,1131	0,1227	0,1323	0,1419	0,1514	0,1610	0,1705	0,1802	0,1898	0,1992	0,2089	0,2185	0,2281	0,2377	0,2472	0,2568	0,2664	0,2760	0,2856	0,2951	0,3047	0,3143
17	0,0602	0,0710	0,0818	0,0927	0,1036	0,1144	0,1251	0,1359	0,1467	0,1575	0,1684	0,1792	0,1900	0,2008	0,2116	0,2224	0,2332	0,2440	0,2548	0,2657	0,2765	0,2873	0,2981	0,3089	0,3197	0,3306	0,3414	0,3522
18	0,0647	0,0768	0,0889	0,1011	0,1132	0,1253	0,1374	0,1496	0,1617	0,1738	0,1859	0,1981	0,2102	0,2223	0,2344	0,2466	0,2587	0,2708	0,2829	0,2950	0,3072	0,3193	0,3314	0,3435	0,3557	0,3678	0,3799	0,3920
19	0,0691	0,0826	0,0961	0,1096	0,1231	0,1366	0,1501	0,1637	0,1772	0,1907	0,2042	0,2177	0,2312	0,2447	0,2582	0,2717	0,2852	0,2987	0,3122	0,3257	0,3392	0,3528	0,3663	0,3798	0,3933	0,4068	0,4203	0,4338
20	0,0733	0,0883	0,1033	0,1182	0,1332	0,1482	0,1631	0,1781	0,1931	0,2080	0,2230	0,2380	0,2529	0,2679	0,2829	0,2978	0,3128	0,3278	0,3427	0,3577	0,3727	0,3876	0,4026	0,4176	0,4325	0,4475	0,4625	0,4774
21	0,0774	0,0939	0,1104	0,1269	0,1434	0,1599	0,1764	0,1929	0,2094	0,2259	0,2424	0,2589	0,2754	0,2919	0,3084	0,3249	0,3414	0,3579	0,3744	0,3909	0,4074	0,4239	0,4404	0,4569	0,4734	0,4899	0,5064	0,5229
22	0,0812	0,0994	0,1175	0,1356	0,1537	0,1718	0,1899	0,2080	0,2261	0,2442	0,2623	0,2804	0,2985	0,3167	0,3348	0,3529	0,3710	0,3891	0,4072	0,4253	0,4434	0,4615	0,4797	0,4978	0,5159	0,5340	0,5521	0,5702
23	0,0848	0,1040	0,1244	0,1492	0,1640	0,1838	0,2036	0,2234	0,2432	0,2630	0,2828	0,3025	0,3223	0,3421	0,3619	0,3817	0,4015	0,4213	0,4411	0,4609	0,4807	0,5005	0,5203	0,5401	0,5599	0,5797	0,5994	0,6192
24	0,0881	0,1097	0,1312	0,1528	0,1743	0,1958	0,2174	0,2390	0,2605	0,2821	0,3036	0,3252	0,3467	0,3683	0,3898	0,4114	0,4329	0,4545	0,4760	0,4976	0,5191	0,5407	0,5622	0,5838	0,6053	0,6269	0,6484	0,6700
25	0,0910	0,1144	0,1378	0,1612	0,1846	0,2080	0,2314	0,2547	0,2781	0,3015	0,3249	0,3483	0,3717	0,3950	0,4184	0,4418	0,4652	0,4886	0,5120	0,5354	0,5587	0,5821	0,6055	0,6289	0,6523	0,6757	0,6991	0,7224
26	0,0939	0,1189	0,1442	0,1695	0,1948	0,2201	0,2454	0,2707	0,2960	0,3212	0,3465	0,3718	0,3971	0,4224	0,4477	0,4730	0,4983	0,5236	0,5489	0,5742	0,5995	0,6248	0,6501	0,6754	0,7006	0,7259	0,7512	0,7765
27	0,0957	0,1230	0,1503	0,1776	0,2049	0,2322	0,2594	0,2867	0,3140	0,3412	0,3685	0,3958	0,4231	0,4503	0,4776	0,5049	0,5322	0,5594	0,5867	0,6140	0,6413	0,6686	0,6958	0,7231	0,7504	0,7777	0,8049	0,8322
28	0,0974	0,1268	0,1561	0,1854	0,2148	0,2441	0,2734	0,3028	0,3321	0,3614	0,3908	0,4201	0,4494	0,4788	0,5081	0,5375	0,5668	0,5961	0,6255	0,6548	0,6841	0,7135	0,7428	0,7721	0,8015	0,8308	0,8601	0,8894
29	0,0995	0,1301	0,1618	0,1930	0,2246	0,2561	0,2874	0,3189	0,3504	0,3818	0,4133	0,4448	0,4762	0,5077	0,5392	0,5706	0,6021	0,6335	0,6650	0,6965	0,7280	0,7594	0,7909	0,8224	0,8539	0,8853	0,9168	0,9482
30	0,0993	0,1330	0,1665	0,2003	0,2340	0,2677	0,3013	0,3350	0,3687	0,4024	0,4360	0,4697	0,5034	0,5371	0,5707	0,6044	0,6381	0,6718	0,7054	0,7391	0,7728	0,8065	0,8401	0,8738	0,9075	0,9412	0,9748	1,0085
31	0,0994	0,1363	0,1713	0,2072	0,2432	0,2792	0,3151	0,3511	0,3870	0,4230	0,4589	0,4949	0,5309	0,5668	0,6028	0,6387	0,6747	0,7105	0,7466	0,7826	0,8185	0,8545	0,8904	0,9264	0,9623	0,9983	1,0343	1,0702
32	0,0988	0,1372	0,1755	0,2138	0,2521	0,2904	0,3287	0,3670	0,4054	0,4437	0,4820	0,5203	0,5586	0,5969	0,6352	0,6736	0,7119	0,7502	0,7885	0,8268	0,8651	0,9034	0,9418	0,9801	1,0184	1,0567	1,0950	1,1333
33	0,0977	0,1384	0,1792	0,2199	0,2607	0,3014	0,3421	0,3829	0,4236	0,4644	0,5051	0,5459	0,5866	0,6274	0,6681	0,7089	0,7496	0,7904	0,8311	0,8718	0,9126	0,9533	0,9941	1,0348	1,0756	1,1163	1,1571	1,1978
34	0,0958	0,1390	0,1823	0,2256	0,2689	0,3121	0,3553	0,3986	0,4418	0,4851	0,5283	0,5716	0,6148	0,6581	0,7013	0,7446	0,7878	0,8311	0,8744	0,9176	0,9609	1,0041	1,0474	1,0906	1,1339	1,1771	1,2204	1,2636
35	0,0932	0,1390	0,1849	0,2307	0,2765	0,3224	0,3682	0,4140	0,4599	0,5057	0,5515	0,5974	0,6432	0,6891	0,7349	0,7807	0,8266	0,8724	0,9182	0,9641	1,0099	1,0557	1,1016	1,1474	1,1932	1,2391	1,2849	1,3307
36	0,0899	0,1393	0,1886	0,2353	0,2839	0,3323	0,3808	0,4293	0,4779	0,5263	0,5747	0,6232	0,6717	0,7202	0,7687	0,8172	0,8657	0,9142	0,9627	1,0112	1,0597	1,1082	1,1566	1,2051	1,2536	1,3021	1,3505	1,3990
37	0,0857	0,1399	0,1931	0,2393	0,2905	0,3416	0,3930	0,4442	0,4954	0,5467	0,5979	0,6491	0,7003	0,7516	0,8029	0,8540	0,9052	0,9564	1,0077	1,0589	1,1101	1,1613	1,2126	1,2638	1,3150	1,3662	1,4174	1,4686
38	0,0806	0,1347	0,1887	0,2427	0,2967	0,3508	0,4048	0,4588	0,5129	0,5669	0,6209	0,6749	0,7290	0,7830	0,8370	0,8911	0,9451	0,9991	1,0532	1,1072	1,1612	1,2152	1,2693	1,3233	1,3773	1,4314	1,4854	1,5394
39	0,0747	0,1316	0,1885	0,2454	0,3024	0,3593	0,4162	0,4731	0,5300	0,5869	0,6438	0,7007	0,7575	0,8146	0,8715	0,9284	0,9853	1,0422	1,0991	1,1560	1,2129	1,2698	1,3267	1,3837	1,4405	1,4975	1,5544	1,6113
40	0,0679	0,1278	0,1876	0,2475	0,3073	0,3672	0,4271	0,4869	0,5468	0,6067	0,6666	0,7264	0,7863	0,8461	0,9060	0,9659	1,0257	1,0855	1,1455	1,2053	1,2652	1,3251	1,3849	1,4448	1,5047	1,5645	1,6244	1,6843

$V = 0,0057043-0,0000051172(DAP^3)+0,0000874104(DAP^2)H$

$r = 0,98$

$SE = 0,0220$

n = 28

DAP = Diametro a la altura del pecho (cm)

H = Altura total (m)

Señala rango de datos de la muestra util zada

CAPÍTULO V

ANTECEDENTES GENERALES SOBRE PROPIEDADES Y UTILIZACIÓN DE LA MADERA

Juan Carlos Pinilla S.
Gonzalo Hernández C.

Introducción

Las especies *Acacia dealbata*, *A. mearnsii* y *A. melanoxylon*, son posibles de plantar en combinación con especies del género eucalipto para la producción de fibra corta, tal como se realiza en Australia y Sudáfrica. Además, en Australia, en los bosques naturales de *Eucalyptus*, las especies del género *Acacia* constituyen el dosel inferior y conforman un porcentaje de la producción de pulpa total debido a su compatibilidad y aptitudes celulósicas (Pinilla, 2000).

Un resumen de los posibles usos de las plantaciones de acacias o de su madera se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Posibles usos de las especies de Acacia.

ESPECIE	USOS
A. dealbata	• PULPA • LEÑA • RECUPERACIÓN DE SUELO
A. melanoxylon	• MADERA ASERRADA • LEÑA • CHAPAS • PARQUET
A. mearnsii	• TANINOS • RECUPERACIÓN DE SUELOS • PULPA

1. Usos de las especies

1.1 Acacia melanoxylon

Acacia melanoxylon es una especie valiosa para mueblería. La madera tiene gran resistencia a los esfuerzos de tracción y compresión, reúne buenas condiciones para su empleo en carpintería, chapas, pisos, revestimientos, tornería; en general, para piezas sometidas a choques y vibraciones (Torrealba, 1987). La especie posee una excelente calidad para la producción de madera aserrada a los 15 - 20 años de edad (Pinilla, 2000).

Según Nicholas y Brown (2002), por más de 100 años *A. melanoxylon* se ha aceptado internacionalmente como una de las grandes maderas decorativas del mundo. Puede ser clasificado dentro de un grupo de la élite de las especies que incluyen el nogal, la caoba y la teca. Posee calidades poco probables de ser igualadas por cualquier otra especie exótica que pueda crecer en Nueva Zelandia, siendo en este país una especie extremadamente popular entre los ebanistas.

Es ideal para fabricar muebles y gabinetes, producir chapas, piezas torneadas y perillas. La madera es de un peso mediano y fácil de trabajar, tiene textura uniforme, es generalmente recta; pero, a veces, tiene grano ondulado (Figura 1).



Figura 1. Muebles en base a *Acacia melanoxylon*
(Fuente: Nicholas y Brown, 2002)

La madera del corazón comúnmente es de color oro-marrón, a menudo conteniendo vetas más oscuras o rayas rojizas; la albura es pálida (Figura 2). Sin embargo, puede haber variación considerable en los colores, extendiéndose desde amarillo a rojizo y hasta casi negro, lo que causa algunos problemas a los fabricantes de los muebles (Nicholas y Brown, 2002).



Figura 2. Madera de *Acacia melanoxylon*[5]

La variación en color se ha atribuido a las siguientes razones (Nicholas y Brown, 2002):

- *Genética:* Esta parece ser la influencia dominante. Las variaciones llamativas en color ocurren dentro de lotes de semillas, y en el mismo sitio. En Nueva Zelandia, un estudio de escala reducida no demostró ninguna diferencia significativa entre dos lotes de semillas de Tasmania y dos de Sudáfrica.

- *Sitio:* Hay evidencias empíricas que sugieren que el sitio tiene una fuerte influencia sobre el color. Un estudio sudafricano señala que el mejor color se presenta en sitios de suelos orgánicos profundos y con período de receso vegetativo definido.

- *Tasa de crecimiento:* Dos estudios realizados en Nueva Zelandia concluyen que no existe relación entre el color y la tasa de crecimiento.

En *A. melanoxylon*, la variación del color puede causar dificultades en la madera. Hasta la fecha, esto no ha influenciado los precios en los mercados australiano o de Nueva Zelandia, pero si ha afectado las ventas en Sudáfica, donde la madera más oscura se prefiere y cuenta con un mayor precio. En Australia se reconocen varios patrones atractivos del grano que son preferidos por los artesanos y en la producción de chapas. Estas características se cree tienen un origen genético.

En Chile no existe información sobre el mercado de trozas para la producción de chapas ni de madera aserrada. En las eventuales exportaciones que se han realizado con *A. melanoxylon*, los precios de venta de la madera aserrada han sido altos, oscilando entre US$ 130 y 1.200 por metro cúbico. En Australia, Sudáfrica y Nueva Zelandia se transa con precios de entre US$147 y US$1.600 FOB, dependiendo del tipo de producto y su calidad (INFOR, 1998).

[5] http://www.rarewoodsandveneers.com/pages/specimens/rarewoods/rarewood02.htm

1.2 Acacia mearnsii

La madera de *A. mearnsii* se utiliza para la construcción, postes de minas, mangos de herramientas, uniones, pisos y tableros. Uno de los aspectos más importantes es la producción de taninos a partir de la corteza utilizados principalmente en la industria del cuero, siendo una de las principales fuentes de taninos de buena calidad en el mundo. Se considera que la corteza de esta acacia es una de las mejores en términos de cantidad rendida por árbol y de calidad respecto del contenido y color de los taninos (Figura 3) (Grosse *et al.*, 1990). El poderoso extracto de la corteza se utiliza además en la preparación de adhesivos para la industria de chapas, tableros de partículas y madera laminada.

La densidad básica de la madera de *A. mearnsii* es de 598 a 630 kg/m^3 (Kannegiesser, 1990; Pinilla, 2000) y es apta para se utilizada en construcción, postes de minas, mangos de herramientas, uniones, pisos y tableros; también se usa para producir pulpa.



Figura 3. Cosecha de corteza en bosques de *A. mearnsii* (Brasil)

La madera se usa comúnmente como combustible para uso doméstico, para la pequeña industria y para la producción de carbón (Figura 4). Los árboles también se plantan para el control de erosión, mejoramiento del suelo, en cortinas como cortafuegos, como árboles de sombra en plantaciones de té y como ornamentales.

Debido a su rápido crecimiento, a su adaptabilidad a una gran cantidad de sitios y a su habilidad de colonizar tierras que han perdido todo o casi todo el suelo superficial, ha sido efectiva para controlar la erosión y para mejorar la fertilidad (National Academy of Science, 1980).

En el Estado de Río Grande do Sul, Brasil, actualmente existen más de 100 mil hectáreas plantadas con *Acacia mearnsii*, las cuales están establecidas en pequeñas propiedades (Figura 5) (Pinilla *et al.*, 2000).

Como alternativa agroforestal, acacia negra presenta diversas ventajas. Puede ser combinada con cultivos agrícolas en los primeros años y con ganado, a partir del tercer año de la plantación (Pinilla *et al.*, 2000).



Figura 4. Madera de *A. mearnsii* [6]



Figura 5. Bosques de *A. mearnsii* en la región de Montenegro, Brasil

Como antecedente se puede mencionar que una plantación de 8 años produce aproximadamente 200 m^3/ha de madera y 16 toneladas/ha de corteza (Higa *et al*, 1998).

INFOR realizó un estudio para determinar las propiedades mecánicas de la madera de *A. mearnsii* que crece en Chile, utilizando árboles existentes en los ensayos establecidos (Antiquina, VIII Región). Estas propiedades determinan la resistencia de un material a la acción de fuerzas externas que tienden a deformar su masa. El valor de resistencia depende de la magnitud de la carga y de la forma de aplicación de la misma, encontrándose tres diferentes esfuerzos básicos: tensión, compresión y cizalle (Figura 6) (INFOR, 1999; Pinilla *et al.*, 2002).

[6] http://www.timber-australia.com/Timbers/Black-wattle/Black-Wattle.html



Figura 6. Muestras de madera y trozas de árboles de *Acacia mearnsii*

Las propiedades mecánicas obtenidas en el estudio para *Acacia mearnsii* se presentan en el Cuadro 2.

De acuerdo a los valores obtenidos en el estudio, en general, *Acacia mearnsii* presenta, para todas las propiedades mecánicas, valores mayores que los de especies como pino radiata, raulí, roble y mañío, en dos condiciones de humedad (condición saturada y 12% de contenido de humedad). Por esta razón, es posible la utilización de esta especie en aplicaciones como: elementos de construcción revestimientos, pisos, muebles etc., en los que actualmente se utilizan pino, raulí, roble y mañío, es factible.

De las especies comparadas en el estudio sólo *Eucalyptus globulus* presenta mayores valores de resistencia mecánica (en todas las propiedades evaluadas y en ambas condiciones de humedad), lo cual se atribuye a la mayor densidad de esta especie.

Cuadro 2. Propiedades mecánicas de *Acacia mearnsii* crecida en Chile

Ensayo	Parámetro	Condición seca	Condición verde
Flexión (MPa)	MOR	105,96	60,85
	MOE	13.161,19	10.180,19
Tenacidad (Nm)	T_r	45,13	34,49
	T_t	48,24	32,52
Compresión (MPa)	R_c	56,61	25,26
	R_{cn}	15,55	8,80
Tracción (MPa)	R_{tnr}	4,92	4,54
	R_{tnt}	7,39	7,11
Dureza (N)	Q	8.059,96	3.742,09
	Q_p	6.218,06	4.279,25
Cizalle (MPa)	R_{vr}	12,86	7,59
	R_{vt}	16,81	9,77
Clivaje (kN/m)	R_{clt}	100,96	77,86
	R_{clr}	74,35	61,12
Extracción clavo (N)	K	778,21	547,94
	K_p	1.298,32	1.020,00
Gravedad específica	–	630[1]	549[2]

[1] *Basada en peso seco y volumen al 12% de humedad*
[2] *Basada en peso seco y volumen verde*

Las principales conclusiones obtenidas se refieren a:

- Las propiedades mecánicas de la especie presentan diferencias entre los diferentes individuos evaluados; sin embargo, estas diferencias se deben a la variabilidad de la densidad presente en ellos.

- El contenido de humedad de la madera afecta las propiedades mecánicas de la especie, encontrándose los mayores valores de estas propiedades en la condición seca (12% de contenido de humedad).

- Para todos los ensayos ejecutados se observan diferencias en los valores de resistencia mecánica a diferentes alturas del árbol; sin embargo, estas diferencias no son estadísticamente significativas.

- La resistencia mecánica de la especie presenta atractivas perspectivas de uso, pues los valores obtenidos en los diferentes ensayos se encuentran dentro del rango de las propiedades mecánicas de otras especies utilizadas comúnmente en el país en una amplia gama de productos.

Otro estudio desarrollado por Pinilla y Hernández, (2001), analizó la aptitud pulpable de *Acacia mearnsii de Willd* proveniente de la comuna de Cañete (VIII Región). El estudio incluyó determinaciones complementarias de densidad y contenido de extraibles. Además se efectuó el análisis del contenido de tanino curtiente de la corteza. La cocción kraft se ajustó mediante una variación de la carga de álcali y la pulpa resultante se sometió a un blanqueo y se refinó en diferentes grados para evaluar sus propiedades mecánico resistentes (Figura 7).



Figura 7. Muestras de *Acacia mearnsii* utilizadas en el estudio de aptitud pulpable

El examen de las propiedades físicas y mecánicas de la pulpa blanca, en comparación con pulpas blancas de fibra corta, calidad estándar, muestra que, a igual drenaje:

- La pulpa de acacia es más difícil de refinar. El drenaje de 30° SR, aproximadamente, se logra después de 6.000 rpm. PFI en comparación con las 5.000 necesarias para alcanzar el mismo valor con otra pulpa posicionada en el mercado (eucalipto).
- El peso específico de la hoja es más bajo (28%) lo que indica una mayor facilidad de adaptación entre fibras generando mayor área de enlace entre ellas.
- La resistencia a la tracción es más alta (aproximadamente 36%), como consecuencia del mayor número de enlaces entre fibras.
- La resistencia a la explosión es más alta (93%), derivado de la misma situación comentada para el caso de la resistencia a la tracción.
- La resistencia al rasgado es más baja (49%), puesto que esta propiedad tiene un comportamiento inverso al de las resistencias a la tracción y a la explosión. El incremento de la densidad de la hoja (menor peso específico) influye en forma negativa sobre la resistencia al rasgado.
- Los valores restantes indican un buen comportamiento, acorde con las características de las fibras de una pulpa de latifoliadas.

El análisis de los resultados del estudio pulpable permitió obtener las siguientes conclusiones:

- La densidad de la madera de *Acacia mearnsii* es comparable con la densidad de la madera de eucalipto.
- El rendimiento en pulpa kraft es alto y comparable con el obtenido con madera de eucalipto.
- La oxigenación de la pulpa reduce el contenido de lignina residual de la pulpa cruda en un 28 %.
- El blanqueo de la pulpa con la secuencia D E_{OP} D permite alcanzar una blancura de 89,8 % ISO.
- El consumo de dióxido de cloro en el blanqueo de la pulpa es de 18,8 kg/ton pulpa seca.
- El consumo de madera de *Acacia mearnsii* para la producción de pulpa blanca es de 4 m^3 por tonelada de pulpa seca.
- La madera de *Acacia mearnsii* presenta viabilidad técnica para la producción de pulpa kraft blanca.
- El contenido de tanino curtiente en la corteza es reducido. No obstante, la especie reporta altos contenidos de tanino en su corteza, pero variables según la edad del árbol, metodología de estimación y época de cosecha, por lo que se hace necesario iniciar estudios en tal sentido, incluyendo además, la variable genética.

Los resultados obtenidos demuestran que *Acacia mearnsii* es una especie interesante para evaluar como una futura alternativa para la producción de madera pulpable o taninos.

1.3 Acacia dealbata

A. dealbata, como las otras acacias es una especie fijadora de nitrógeno. Se recomienda para contener dunas y reforestar terrenos muy pobres, erosionados y deforestados. A pesar de ser una maleza potencial debido a su habilidad para retoñar, su valor para estabilizar laderas erosionadas en otros países ha sido incomparable con otras especies (Grosse *et al*, 1990). Además es cultivada por su alto valor ornamental (Figura 8).

La madera tiene poco valor comercial, a pesar que se considera una de las mejores especies pulpables en la región templada de Australia (densidad básica de 553 kg/m^3) (Batchelor *et al*, 1970). En general, la madera se utiliza en carpintería y fabricación de cajones y muebles rústicos. También se utiliza como un tipo inferior de combustible y en la industria melífera (Pinilla, 2000).

Experiencias relacionadas con el pulpaje realizadas en el CSIRO con acacias australianas han corroborado su rápido crecimiento y adaptabilidad en suelos degradados y su alta aptitud pulpable. *Acacia dealbata* (Silver Wattle), es reconocida como una especie de alta calidad pulpable por el North Forest Product (Pinilla, 2000).

Se ha señalado que *A. dealbata* produce 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.

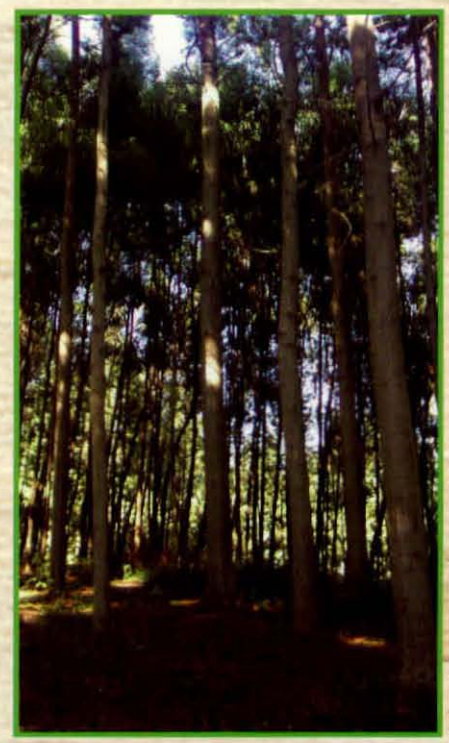


Figura 8. Rodal de *Acacia dealbata*, Cañete, VIII Región

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:

- El mayor peso de astillas que puede ser acomodado en el digestor aumenta la productividad de este equipo y hace que la especie sea más eficiente en este tipo de producción.
- Si se considera a las astillas como madera para exportación, el costo de transporte se reducirá porque normalmente el pago se realiza sobre la base de volumen.

La corteza de la *Acacia dealbata* que crece en Australia contiene alrededor de un 25% de taninos, pero la calidad de éstos no puede compararse con los de *A. mearnsii* (Pinilla, 2000).

Los productos que pueden obtenerse de los bosques de esta *Acacia* están restringidos, básicamente a madera pulpable y leña, no obstante el mercado de ellos es interesante. En general las empresas productoras de astillas como Forestal Diguillín, Comaco y Compañía Chilena de Astillas compran madera para pulpa con el objetivo de exportarla a Japón, ya que la densidad de la madera y las características de la fibra la asemejan con el producto proveniente de madera nativa; las astillas de aromo del país constituyen un porcentaje de la mezcla que se usa para producir pulpa de fibra corta.

En el último tiempo, en Australia y Nueva Zelandia, esta especie está siendo utilizada en el diseño y confección de muebles debido al atractivo de su madera y sus excelentes propiedades de trabajabilidad. Se menciona que es una madera fácil de partir y medianamente fuerte. Se reportan colores que varían entre café claro a un rosa tenue 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 se puede obtener superficie muy lisa y de fácil pulido lo que la hace apetecida para la fabricación de muebles (Figura 9)[7].



Figura 9. Madera de *A. dealbata*[8]

[7] Tasmanian Timber Promotion Board. Timber Research Unit, University of Tasmania., 2000. http://www.tastimber.tas.gov.au
[8] http://www.rarewoodsandveneers.com/pages/specimens/rarewoods/rarewood02.htm

2. Observaciones y recapitulación

El hecho de utilizar fibras alternativas como madera de *Acacia* hacen que esta opción productiva sea un buen complemento de la actividad agrícola.

Un segmento objetivo importante para la utilización de esta especie son las áreas con algún nivel de erosión, en las cuales las especies de acacia han demostrado su utilidad como un agente recuperador y conservador del suelo. En el país se ha estimado que existirían aproximadamente 27 millones de hectáreas con un nivel de erosión de leve a muy grave [PANCD], lo que significa que los suelos han perdido entre el 40 a 60% de su profundidad total, entre otros indicadores para evaluar la erosión, situación que puede ser mitigada mediante el establecimiento de plantaciones con alguna de las especies de acacia analizadas en este documento.

Según antecedentes del Programa de Acción Nacional contra la Desertificación (PANCD) de Chile, en los territorios afectados por la desertificación habita cerca de 1,5 millones de personas, lo que equivale al 13% de la población nacional total[9].

La pérdida de suelo se traduce en pérdida de nutrientes y, subsecuentemente, en pérdida de crecimiento de los bosques. Esto es irreparable, ya que la longitud de la rotación no es suficiente para permitir la formación de suelo y sólo es posible recuperarla mediante fertilización artificial. En términos de fertilizantes (NPK), se estaría perdiendo aproximadamente US$ 14,5 millones al año en la VIII Región del Bío Bío. La cuantificación de pérdidas de nutrientes por erosión y distintos tratamientos, se estima en un valor cercano a 2 a 4 veces las perdidas nutricionales. La cantidad equivalente por su valor comercial más el costo de la aplicación, generan los valores económicos de perdida por erosión[10].

Los antecedentes antes expuestos motivan a pensar en las oportunidades que presentan para el país el uso de estas especies, las cuales significarían un aporte a la economía regional y, principalmente, a la economía de los propietarios forestales del país.

[9] *Desertificación: Situación Actual y Perspectivas de Acción. Informe de mesa de trabajo. Serie de talleres temáticos. Octubre de 2001. http://www.pnud.cl/pdf/Des.pdf*

[10] *"Perdidas De Suelo y Fertilidad Por Efectos Erosivos Derivados Del Manejo De Residuos Postcosecha En Plantaciones De Pinus radiata". Cesar Alarcón. Comunicación Personal*

Bibliografía

Batchelor, B.K.; Crawford, I.A and C.H. Turner, 1970. The assessment of a forest for pulping. Appita 24(1): 27-44.

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

Grosse, H.; Kannegiesser, U.; Quiroz, I. 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.

Higa, A.R.; Dedecek, R.A.; Dos Santos, A.F.; Stein, P.P. y Simon, A.A., 1998. Desarrollo de sistemas de producción para acacia negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). Resumen. En Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, 22 a 28 de noviembre de 1998, Valdivia, Chile.

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.

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.

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

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

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.; Gutiérrez, B; Gutiérrez, J. 2000. Reporte de la visita a Embrapa, universidades y empresas de Brasil. Informe de Proyecto. Proyecto INFOR-FDI Incorporación de especies del género *Acacia* a la producción forestal chilena. Concepción, Chile, INFOR. 44p. más anexos. Sin publicar.

Pinilla, J.C.; Hernández, G. 2001. Propiedades de la Madera de *Acacia mearnsii* de Wild Creciendo en Chile. I. Aptitud pulpable y contenido de extraíbles. Informe Técnico N°161. Concepción, Chile (en prensa).

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.

Torrealba, M., 1987. Estudios de tratamientos pregerminativos en *Acacia melanoxylon* R.Br. y ensayos de germinación en seis procedencias de Chile central. Tesis de grado presentada para optar al título de Ingeniero Forestal - Universidad Austral de Chile - Facultad de Ciencias Forestales - Valdivia. 83 p.

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

