



0006283

INFORME TÉCNICO N° 161

Propiedades de la Madera de *Acacia mearnsii* de Willd creciendo en Chile

I. Aptitud pulpable y contenido de extraíbles



04 SET, 2006



INFORME TÉCNICO N°161

Propiedades de la Madera de *Acacia mearnsii* de Willd creciendo en Chile

I. Aptitud pulpable y contenido de extraíbles

Juan Carlos Pinilla S.
Gonzalo Hernández C.

Concepción (Chile), ABRIL 2006



Propiedades de la Madera de Acacia mearnsii de Willd creciendo en Chile

I. Aptitud pulpable y contenido de extraíbles

Registro de Propiedad Intelectual N°123.732
I.S.B.N. 956-7727-84-8

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



ÍNDICE

	Página
▪ RESUMEN	3
▪ INTRODUCCIÓN	7
Antecedentes generales acerca de <i>Acacia mearnsii</i>	9
▪ MATERIAL UTILIZADO	12
▪ MÉTODOS DE ENSAYO	13
▪ PROPIEDADES ANALIZADAS	17
▪ RESULTADOS	17
Propiedades físicas y químicas	17
Ensayo de cocción	19
Blanqueo	20
Refinación y propiedades físico - mecánicas	21
▪ CONCLUSIONES	22
▪ BIBLIOGRAFÍA	25





RESUMEN

Se presentan los resultados derivados del análisis de la aptitud pulpable de *Acacia mearnsii* de Willd proveniente de la provincia de Cañete (VIII Región).

Esta publicación se realizó en el marco del proyecto “*Masificación y desarrollo de opciones productivas en base a especies de Acacia probadas en Chile*”, adjudicado por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) al Instituto de Investigación Forestal de Chile (INFOR) en el marco del Concurso Nacional de Proyectos FDI/CORFO 2002, el cual contempla el estudio de tres especies del género *Acacia*: *Acacia melanoxylon*, *Acacia dealbata* y *Acacia mearnsii*.

El estudio de aptitud pulpable de la madera de la especie *Acacia mearnsii* incluyó determinaciones complementarias de densidad y contenido de extraíbles. 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. La pulpa resultante se sometió a un blanqueo y posterior refinación para evaluar sus propiedades mecánicas.

La madera ensayada se considera aceptable para la producción de pulpa kraft blanca de buena calidad.

La parte inicial de este informe se refiere a las diferentes fases seguidas en la investigación. Luego, se proporcionan los valores de las propiedades obtenidas y, finalmente, se procede a una discusión de resultados y se entrega las conclusiones respectivas.





INTRODUCCIÓN

En los últimos años el sector forestal chileno ha experimentado una expansión de las plantaciones de especies exóticas de rápido crecimiento, especialmente *Pinus radiata* y *Eucalyptus sp.* La tendencia a establecer estos monocultivos está presentando problemas de orden fitosanitario, con severos daños a nivel del árbol y rodal. Por otra parte, entre las VIII y X Regiones existen importantes superficies con suelos degradados o sin uso, en los que el cultivo del pino o del eucalipto no ha tenido buenos resultados. Estos antecedentes indican que se hace necesaria la diversificación de las especies forestales, de tal forma de aumentar la productividad de los sitios, aumentar el número de productos comerciales y atenuar los problemas fitosanitarios.

En este marco, el Instituto Forestal está desarrollando el proyecto “Masificación y desarrollo de opciones productivas en base a especies de *Acacia* probadas en Chile”, adjudicado por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) al Instituto de Investigación Forestal de Chile (INFOR) en el marco del Concurso Nacional de Proyectos FDI/CORFO 2002, el cual plantea que diversas especies del género *Acacia* que crecen en Chile (específicamente *Acacia dealbata*, *Acacia melanoxylon* y *Acacia mearnsii*), han respondido muy bien a las condiciones edafoclimáticas locales, desarrollándose con rapidez, presentando un crecimiento acelerado y ofreciendo una variedad de usos, lo que las convierte en un recurso económicamente interesante de aprovechar por parte de la industria forestal nacional.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo general del proyecto desarrollado por INFOR busca escalar las opciones productivas del recurso forestal compuesto por las especies *Acacia mearnsii*, *A. dealbata* y *A. melanoxylon* a través del fomento, masificación y desarrollo de productos con mayor valor agregado. Además, se pretende difundir y promover la utilización de las especies y las herramientas de apoyo para el manejo y cultivo de estas especies, analizar y describir las propiedades y aptitudes físico mecánicas y pulpables de las especies *A. dealbata* y *A. melanoxylon*, para su uso en la industria del aserrio, tableros, pulpa y papel, identificar las variables que inciden en el porcentaje de taninos obtenibles a partir de la corteza de *A. mearnsii* en Chile, y mejorar la calidad del recurso acacia mediante la ampliación de su base genética y utilización operacional de material seleccionado. Conjuntamente desarrollar modelos predictivos de crecimiento y productividad que orienten la toma de decisiones

En la actualidad, las especies de *Acacia* contempladas en el proyecto no son empleadas masivamente en el país, situación que obedece fundamentalmente al desconocimiento de los parámetros básicos de crecimiento, productividad y aprovechamiento industrial, así como también a la inexistencia de un mercado formal. Ambas situaciones repercuten en que no se pueda obtener proyecciones de incrementos, rendimientos futuros y volúmenes de abastecimiento para plantas industriales.

Específicamente, *Acacia mearnsii* es posible de plantar en combinación con especies del género eucalipto para la producción de fibra corta, tal como se realiza en Australia y Sudáfrica. En Australia, en los bosques naturales de *Eucalyptus*, *Acacia mearnsii* constituye el dosel inferior y conforma un porcentaje de la producción de pulpa total debido a su compatibilidad y aptitudes celulósicas (Pinilla, 2000).



Por otra parte, algunos resultados de estudios de pulpaje realizados en Australia con especies latifoliadas de rápido crecimiento han demostrado que existen acacias australianas, entre ellas *Acacia mearnsii*, con características pulpables muy promisorias, lo que se traduce en un alto rendimiento de pulpa kraft, bajos requerimientos de productos químicos y buenas propiedades de resistencia del papel. Además, asociadas a su ocurrencia natural, estas acacias juegan un rol importante en la conservación de suelos, como fuente de fijación de nitrógeno en los ecosistemas forestales y como especies forrajeras. Presentan características radiculares que las hacen apropiadas para el control de dunas costeras, para la recuperación de laderas erosionadas y suelos devastados. Finalmente, la corteza de *A. mearnsii* tiene un alto contenido de taninos, que puede superar el 45% de la biomasa de la corteza.

En Chile, las plantaciones con especies del género *Acacia* abarcan una superficie aproximada de 4.000 hectáreas (Loewe *et al.*, 2004), en rodales establecidos entre las VII y X Regiones. Sin embargo, existe una superficie desconocida que está constituida por rodales de estas especies, principalmente *dealbata* y *melanoxylon*, establecidas en mezcla con otras especies, en cajas de ríos, cortinas cortavientos o masas forestales derivadas de regeneración natural.

En la medida que se recopilen antecedentes acerca de su genética, usos, propiedades de la madera, manejo forestal y biometría, será posible incorporarlas a los procesos productivos forestales, ya sea en rodales puros o mixtos, en diferentes tipos de suelos y utilizando las progenies más adecuadas para cada área, fomentando su utilización, maximizando productividades e incrementando ingresos para diferentes propietarios.

Dado el interés por generar opciones de diversificación forestal en el sector, se ha desarrollado una investigación que es económicamente viable y que puede aportar a la actividad silvícola e industrial en el mediano y largo plazo. Dentro de este marco, el conocimiento de las propiedades de la madera y aptitud pulpable de la madera de *A. mearnsii*, puede colaborar en fomentar el aumento de la superficie plantada con ella, con el consiguiente aumento del valor de los terrenos y la posibilidad de abastecer en un plazo razonable las demandas de madera para celulosa y extraíbles de los mercados doméstico e internacional.

Entonces, resulta necesario e interesante conocer las propiedades de la madera de esta especie y su aptitud pulpable, principalmente para la producción de taninos y, también para la obtención de materia prima para celulosa y/o energía, con el objetivo de determinar la factibilidad de su utilización en una mayor escala.

La especie permite obtener dos importantes productos, corteza y madera para celulosa, lo que hace atractiva su utilización en programas de forestación en Chile.



• Antecedentes generales acerca de *Acacia mearnsii*

Esta acacia es originaria del sudeste de Australia. Principalmente se encuentra en las tierras bajas y costeras y en las laderas bajas de las mesetas y cordilleras. Se distribuye desde el nivel del mar, hasta aproximadamente los 900 msnm. El nombre común, «black wattle» o «acacia negra» se refiere al follaje y a la corteza, ambos de color oscuro (Pinilla, 2000).

Acacia mearnsii es un arbusto grande o un árbol pequeño (Figura 1), comúnmente de 6 a 10 m de altura, pero puede alcanzar hasta 20 m (Kannegiesser, 1990).



Figura 1. Árbol adulto de *A. mearnsii* (Máfil, X Región)



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

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

El follaje adulto es de color verde oscuro con brotes nuevos suavemente amarillos. Su madera es finamente texturada y presenta anillos de crecimiento poco visibles. La albura es de color café muy pálido y el duramen café claro con moteado rojizo. La durabilidad es considerada ligera o moderada.

En Australia crece en las zonas climáticas húmedas y subhúmedas, cálidas y frías, con precipitaciones medias anuales de 625 a 900 mm que caen entre 105 a 175 días al año. Raramente se presenta en zonas donde las temperaturas exceden los 38°C y no crece con temperaturas sobre 40°C, reportándose áreas en donde ha soportado hasta 40 días con heladas al año (Kannegiesser, 1990).

En cuanto a los suelos, se señala que esta acacia se ha encontrado en basaltos, granitos y areniscas, siendo común en suelos derivados de esquistos y pizarras metamórficas, aluviales y podzoles forestales profundos de moderada a baja fertilidad. En su lugar de origen, los mejores crecimientos se han reportado en suelos húmedos, relativamente profundos, de texturas livianas, bien drenados y generalmente ácidos, con un pH entre 5 y 6,5. *A. mearnsii* constituye el sotobosque de bosques altos y abiertos, dominados principalmente por *Eucalyptus ovata*, *E. saligna*, *E. globulus*, *E. viminalis* y *E. radiata*. En zonas donde coloniza tierras explotadas, suele formar rodales densos (Kannegiesser, 1990; Pinilla, 2000).

En un principio, la madera de esta especie se utilizó como material para construcciones livianas y energía; posteriormente, la corteza se utilizó como curtiente.

Esta especie es una de las fuentes de corteza para la industria de taninos vegetales a nivel mundial, los que son utilizados en la manufactura de cuero duro para zapatos, monturas y otros productos. Las industrias de tanino basadas en esta especie se han desarrollado principalmente en Brasil, Kenya, India, Sudáfrica, Tanzania y Zimbabwe. La corteza presenta entre 36 y 41% de taninos, de muy buena calidad; cuyo rendimiento es función de factores ambientales (Kannegiesser, 1990).

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



Por otra parte, la madera de *A. mearnsii* proporciona una excelente leña, con un peso específico de 0,70 a 0,85 gr/cm³ y un poder calorífico de 14.630 a 16.720 kJ/kg. Las dificultades de secado y agrietamiento que presenta han limitado su uso en la industria del mueble (Kannegiesser, 1990).

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

En Chile, *Acacia mearnsii* está recomendada para las regiones V a X. Su principal producto son los taninos extraíbles de su corteza y su buena calidad para postes. Presenta una moderada resistencia a las heladas, contribuyendo a la recuperación de sistemas degradados mediante el desarrollo de técnicas de control de erosión y restauración de la cubierta vegetal. En zonas de baja precipitación ha presentado problemas de crecimiento (Benedetti et al., 1998; INFOR, 1998).



MATERIAL UTILIZADO

El ensayo con *A. mearnsii* instalado por INFOR en Antiquina (Cañete, VIII Región) el año 1992, a una edad de 8 años, (Pinilla *et al.*, 2000b) fue seleccionado para obtener los árboles muestra que el proyecto requería para los estudios de aptitud pulpable de la especie. En este análisis también se consideró el estudio de los extraíbles (taninos) que se puede obtener a partir de la corteza de esta especie.

En el ensayo se seleccionó una muestra de tres árboles [rectos, de diámetro de la clase superior (mayor a 20 cm) para las pruebas destinadas a evaluar la aptitud pulpable y las características físicas y químicas de la madera y la corteza. De cada uno se extrajeron dos rodela de 2-3 cm de espesor, con corteza; cada dos metros, desde el tocón hasta la altura útil (5 cm de diámetro). Una rodela se usó para el estudio de extraíbles y la segunda para determinar de aptitud pulpable. Además, de cada tercio del fuste del árbol se obtuvo probetas de 0,6 metros de largo. En total, se generó una muestra constituida por 9 trozas, correspondientes a 3 alturas de 3 árboles, y rodela obtenidas a cada altura. En la Figura 2 se indican las secciones extraídas.

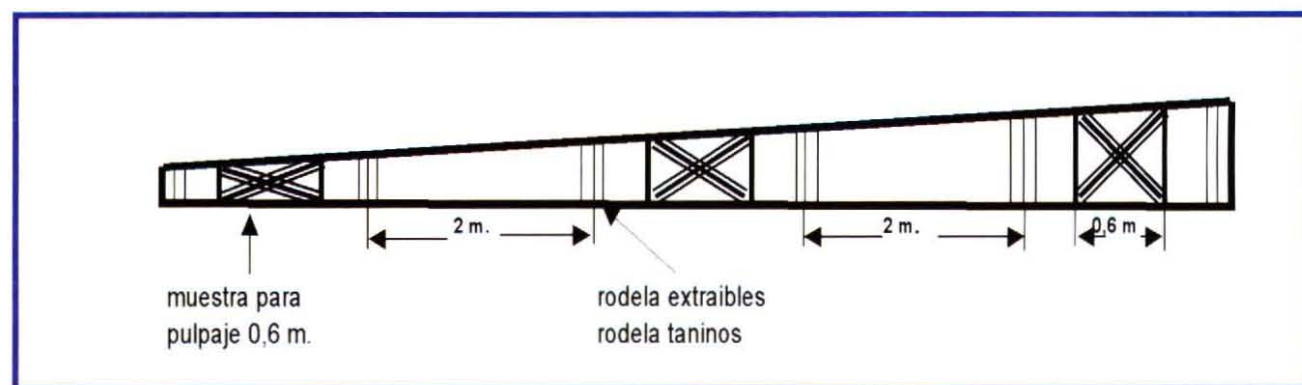


Figura 2. Esquema de extracción de muestras para aptitud pulpable y extraíbles.

El proceso realizado en terreno para la selección, cosecha de los árboles y elaboración para obtener las muestras requeridas, se puede observar en las Figuras 3 a 5.

Las trozas se descortezaron manualmente y se astillaron en una máquina marca Condux de seis cuchillas, formando una mezcla compuesta con el total de las trozas.

Las astillas se clasificaron por tamaño en un harnero marca Williams con perforaciones circulares. La fracción aceptada correspondió a la comprendida entre +1/8 y -1 pulgadas.

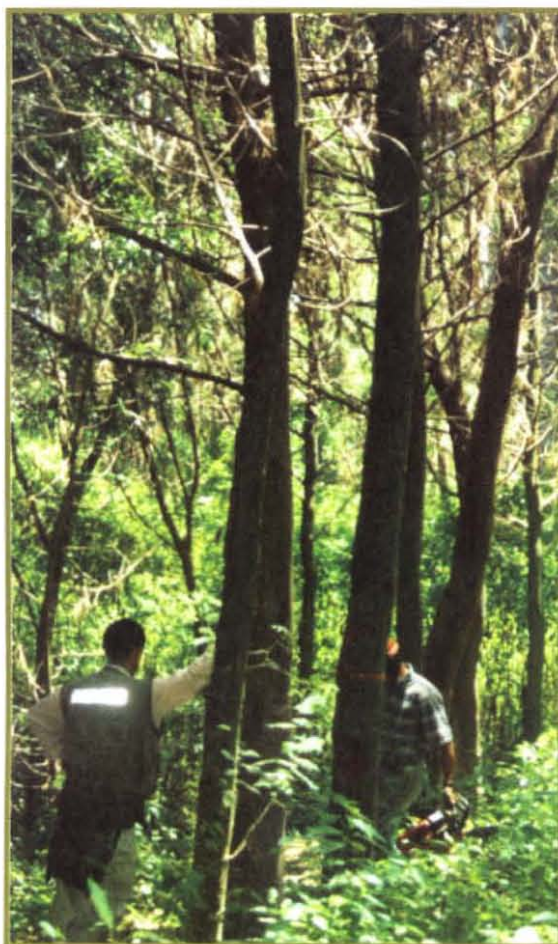


Figura 3. Selección árboles de *A. mearnsii* en el ensayo en Antiquina.



Figura 4. Volteo y obtención de muestras en el árbol seleccionado.



Figura 5. Rodelas obtenidas para análisis aptitud pulpable y extraíbles.

En virtud de los convenios de colaboración establecidos entre la Universidad de Concepción y el Instituto Forestal, todos los ensayos de laboratorio se efectuaron en el Laboratorio de Productos Forestales de esa Universidad.



MÉTODOS DE ENSAYO

La densidad de la madera se midió según Norma Tappi T 258 om-94, en rodela de las tres alturas y, también, sobre astillas provenientes de la mezcla del total de las trozas.

Una fracción representativa de las astillas se molió y tamizó, para efectuar los análisis químicos de extraíbles en diclorometano (Norma Tappi T204 om-88) y extraíbles en agua caliente (Norma Tappi T207 om-93). De la misma forma, se molió la corteza separada de las rodela y se tamizó de igual manera que las astillas, para efectuar la determinación del contenido de taninos mediante el método del polvo de piel (Matamala, 1974).

• Ensayos de cocción

Se efectuaron cocciones kraft con variaciones de la carga de álcali efectivo entre 11,5 y 12,5% (bps)¹ con el fin de obtener una pulpa de Índice Kappa 18±1. El proceso se llevó a cabo en un reactor rotatorio, con las variables de operación que se indican:

<i>Temperatura</i>	170 °C
<i>Tiempo hasta</i>	90 min
<i>Tiempo a</i>	60 min
<i>Sulfidez</i>	25 %

Las respuestas controladas fueron: Rendimiento, Índice Kappa, Álcali residual y pH del licor negro.

• Oxigenación

La etapa de oxigenación se efectuó en un reactor estático, en las condiciones que se detallan:

<i>Temperatura</i>	90 °C
<i>Tiempo</i>	60 min
<i>Presión de O₂</i>	3 kg/cm ²
<i>NaOH</i>	2 % (bps)
<i>Mg SO₄</i>	0,50 % (bps)

Las respuestas controladas fueron: Índice. Kappa y Rendimiento.

¹ Bps: Base pulpa seca



• *Blanqueo*

La pulpa final se blanqueó aplicando la secuencia $D_0E_{OP}D_1^2$ y se trabajó en las condiciones siguientes:

Variable	Etapas D_0	Etapas E_{OP}	Etapas D_1
Temperatura (°C)	50	70	70
Tiempo (minutos)	40	60	180
Consistencia (%)	10	10	10
Dióxido cloro (%) (bps)	1,03	----	0,90
Presión O_2 kg/cm ²	----	2	----
NaOH % (bps)	----	2	----
H_2O_2 % (bps)	----	0,3	----

Las respuestas controladas fueron: Dióxido residual en D_0 y D_1 (D_0 y D_1 corresponden a las etapas primera y segunda de tratamiento con dióxido de cloro en una secuencia de blanqueo), blancura, amarillamiento y reversión de blancura. En este último caso, se aplicó un tratamiento a temperatura de 105°C durante 18 horas.

• *Refinación y propiedades físico mecánicas*

La pulpa blanca se procesó en refinador PFI, hasta 8.000 revoluciones, obteniendo las respuestas siguientes: drenaje, peso específico, índice de tracción, índice de rasgado, índice de explosión, lisura, porosidad y arrancado (Ceras Dennison).

² D: Dióxido de Cloro; Eop: Extracción alcalina con oxígeno y peróxido.



PROPIEDADES ANALIZADAS

La información obtenida de los ensayos permitió realizar las determinaciones que se detallan a continuación:

- Densidad de la madera*: Cuociente entre la masa y el volumen de la madera.
- Densidad de las astillas*
- Extraíbles en madera y corteza*
- Ensayos de Cocción*
- Ensayo de Blanqueo*
- Propiedades físico mecánicas de la pulpa*

RESULTADOS

En este capítulo se interpretarán los valores obtenidos para las características pulpables y extraíbles de la madera de *Acacia mearnsii* proveniente de árboles de 8 años de edad y se les comparará con otros resultados que se reportan en la bibliografía.

Las tablas que incluyen las propiedades pulpables proporcionan una buena forma de conocer el comportamiento de la especie maderera, pero no siempre es el mejor camino para comparar maderas entre sí. Existen algunos parámetros que inciden en los valores de la aptitud pulparable y/o contenido de extraíbles y que no siempre son los mismos para las distintas especies, tales como el origen de la madera, densidad, edad, entre otros.

• Propiedades Físicas y Químicas

La Tabla 1 muestra los resultados de las determinaciones de la densidad básica de la madera.

Tabla 1. Densidad básica de la madera (kg/m³)

Nº rodela	Densidad	Nº rodela	Densidad	Nº rodela	Densidad	
A1-1	579	A 2-1	583	A3-1	592	(Tocón)
2	540	2	517	2	528	
3	539	3	498	3	517	
4	524	4	519	4	503	
5	534	5	306	5	503 *	
6	547 *	6	522 *	6	524 *	
7	591 *			7	505	(Ápice)

Notas: * Indica secciones con anomalías (nudos vivos y/o muertos)

A1 - A2 y A3: árboles seleccionados



Para las astillas la densidad medida fue 498 kg/m³.

En todos los casos se observa una disminución de la densidad a medida que aumenta la altura desde donde se extrajo la rodela del fuste; hasta un cierto nivel, para tender a aumentar hacia el tope de los árboles, tendencia que se ve encubierta por la presencia de nudos, con mayor incidencia en las alturas mayores. Esto mismo se observa en otros estudios efectuados por el Laboratorio de Productos Forestales de la Universidad de Concepción en maderas del mismo género.

Una estimación, en base a las densidades de las rodela a las diferentes alturas del fuste (Tabla 1) permite aproximar un valor de 518 kg/m³, similar al obtenido en otros estudios (Quintana, 1971) en árboles de *Acacia melanoxylon* con edades comprendidas entre 25 y 33 años. Otros antecedentes muestran densidades en árboles de edades comprendidas entre 12 y 25 años, con valores aproximados desde 450 a 520 kg/m³ (Universidad de Concepción, Laboratorio de Productos Forestales, 1992).

La densidad promedio queda representada por el valor obtenido a partir de las astillas, y muestra un valor algo inferior al comentado, lo que puede explicarse teniendo en cuenta que la clasificación por tamaño efectuada desestima las astillas de mayor tamaño que son las que incluyen nudos.

La Tabla 2 muestra los resultados de los extraíbles presentes en la madera y la corteza.

Tabla 2. Extraíbles presentes en madera y corteza

Extraíble	Cantidad
<i>Extraíbles en DCM</i> ³	0,46 % (bms) ⁴
<i>Extraíbles en agua caliente</i>	4,89 % (bms)
<i>Extraíbles en corteza: Taninos</i>	7,45 % (bcs) ⁵
<i>No-taninos</i>	33,28 %

Los valores de extraíbles en DCM y en agua caliente están dentro de la normalidad presente en las maderas de latifoliadas. El contenido de taninos curtientes es bajo, si se compara con el que presentan otras especies que se utilizan a nivel industrial; se asemeja con el contenido en corteza de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), que muestra alrededor de 3%. Por el hecho de tratarse de una acacia, podría suponerse un valor más alto pero se sitúa en un rango más bajo que el existente en la *Acacia dealbata* (17,8 %) (Matamala, 1974).

³ DCM: Diclorometano

⁴ bms: Base madera seca.

⁵ bcs: Base corteza seca



El contenido de tanino curtiente en la corteza del pino radiata, que se ha explotado industrialmente en nuestro país, muestra un valor algo superior al 20 % (Peteri, 1965).

Estos resultados contradicen las expectativas en torno a la especie en relación con la producción de taninos (sobre 24 % en algunos países). Es así como en Brasil a la edad de 8 años se reporta un 27% de taninos en la corteza de *A. mearnsii*, con un promedio 16 toneladas de corteza por hectárea y una productividad de alrededor de 140 m³/ha destinados a celulosa y leña, que equivale a un incremento de 17,5 m³/ha/año (Pinilla *et al.*, 2000a). En el proceso industrial, la corteza de mayor valor es aquella que proviene de árboles recién cortados y de edades superiores a 6 años, pues entrega el mayor porcentaje y calidad de taninos (Pinilla *et al.*, 2000a).

No obstante lo anterior, la época de cosecha y edad de los árboles influye sobre el contenido de taninos en la corteza (Pinilla *et al.*, 2000a), por lo que en Chile es necesario realizar una investigación que aborde estas variables. De igual forma, las diferencias podrían tener origen en metodologías de estimación de taninos distintas, por lo que es recomendable que este factor también sea analizado con mayor profundidad.⁶

• Ensayos de cocción

La Tabla 3 muestra los resultados de los ensayos de cocción.

Tabla 3. Ensayos de cocción

Álcali (% bms)	I. Kappa (-)	Rendimiento Aceptado (% bms)	Rechazo (% bms)	Rendimiento Total (% bms)	pH (-)	AA Residual (% bms)
12,5	15,0	53,6	1,2	54,8	-	-
11,5	18,9	53,4	4,3	57,7	-	-
12,0	17,1	55,0	2,3	57,3	11,4	1,3

Nota: AA: álcali activo (% base madera seca)

La alcalinidad muestra su efecto sobre el rendimiento total y el grado de deslignificación (Índice Kappa). La carga máxima reduce la lignina residual, el rechazo y el rendimiento total, como consecuencia del ataque más serio del álcali, pero el rendimiento aceptado sube por sobre el resultado obtenido con la carga más baja, como consecuencia del alza del rechazo, que indica una más pobre capacidad de deslignificación. El valor intermedio de carga de álcali resulta el más adecuado con el rendimiento aceptado más alto.

⁶ Antonio Higa, Profesor Universidad Federal de Paraná, Brasil. Comunicación personal



Se continuó trabajando con la pulpa con *I. Kappa* 17,1 que está dentro del marco definido como objetivo. La etapa de oxigenación de esta pulpa redujo el *I. Kappa* a un valor de 12,3, esto es, en un 28 %, con un rendimiento de 98,5%; considerado satisfactorio.

El rendimiento aceptado es alto, superior al obtenido en otros ensayos con *A. melanoxylon* en condiciones de cocción semejantes (Quintana, 1971). Ensayos con *Acacia dealbata*, en condiciones similares dan resultados también similares, incluso después de oxigenación (LPF, 1992)⁷. En ambos casos, la oxigenación redujo el *I. Kappa* en alrededor de 28 %, valor susceptible de mejorar utilizando las nuevas tecnologías que se han desarrollado al efecto.

• Blanqueo

La Tabla 4 muestra los resultados del proceso de blanqueo.

Tabla 4. Ensayo de Blanqueo

Factor	Resultado
<i>CLO₂ residual (etapa D₀)</i>	0 % (bps)
<i>CLO₂ residual (etapa D₁)</i>	0,05 % (bps)
<i>Blancura final</i>	89,8 % ISO
<i>Reversión blancura</i>	7,2 %
<i>Amarillamiento</i>	4,0 %

Se obtiene una buena respuesta en términos de blancura pero, al mismo tiempo, hay una reversión importante que hace pensar en la posibilidad de complementar la secuencia con una etapa final de peróxido buscando estabilizar la blancura.

Considerando un rendimiento de 95% en el blanqueo se concluye que se requiere una cantidad de madera seca original cercana a los 4 m³ para producir una tonelada de celulosa blanca, cifra que es comparable a las comúnmente obtenidas para eucalipto.

⁷ LPF: Laboratorio de productos forestales, Universidad de Concepción



• Refinación y propiedades físico mecánicas

La Tabla 5 presenta las propiedades físico mecánicas de la pulpa blanca después de refinar hasta 30° SR, aproximadamente.

Tabla 5. Propiedades físico mecánicas

Rev. PFI Nº	Drenaje °SR	Peso Esp. cm ³ /g	Indice Tracción Nm/g	Indice Rascado MNm ² /g	Indice Explosión KPam ² /g	Lisura USH	Porosidad USH	Ceras Dennison Nº
0	14	1,6	35,6	4	1,3	238	>484	7
2.000	19	1,3	80,8	7	5	219	297	14
4.000	23	1,2	100	6,9	7,6	220	123	16
6.000	28	1,2	100,7	6,5	8,3	225	70	16
8.000	33	1,2	105,3	6,5	8,2	-	36	18

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.
- 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%), derivada 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 de la tabla indican un buen comportamiento, acorde con las características de las fibras de una pulpa de latifoliadas.



CONCLUSIONES

El análisis de los resultados permite 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 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.
- Las características mecánico resistentes de la pulpa blanca se comparan favorablemente con las pulpas del mismo tipo que actualmente se negocian en el mercado.
- El consumo de madera de *Acacia mearnsii* para la producción de pulpa blanca es de 4 m³ 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.
- Debido a la limitada información nacional sobre usos potenciales de *Acacia mearnsii* se recomienda realizar trabajos futuros orientados a conocer el comportamiento de la madera frente a condiciones de secado, procesos mecánicos de elaboración y fabricación de piezas o elementos para usos especiales.
- Los resultados obtenidos demuestran la potencialidad de la especie para constituirse en una alternativa para la producción de madera pulpable, utilizando terrenos marginales para las especies forestales tradicionales.
- En la investigación a realizar se debe considerar el estudio de los costos involucrados en los procesos productivos de la especie y su comparación con otros procesos de producción con especies de fibra corta.



BIBLIOGRAFÍA

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

CAMPOS B.,A.; CUBILLOS C.,G.; MORALES V.,F.; PASTENE S.,A.; RODRÍGUEZ S.,S.; POBLETE W.,H. 1990. Propiedades y usos de especies madereras de corta rotación. [Segunda parte: Aptitud para pulpa y papel de las especies madereras aroma australiano, sequoia y renoval de raulí]. Santiago, Chile, INFOR. División Industrias; CORFO. Informe Técnico 122. [119p.]

INFOR. 1998. Investigación silvícola para el desarrollo forestal del secano interior. Informe Final de Proyecto. INFOR. Santiago, Chile. Sin publicar.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. 1988. Madera. Determinación de densidad. NCh 176/2.Of86. Santiago, Chile. 21p.

_____. 1986. Madera. Selección, obtención y acondicionamiento de muestras y probetas para la determinación de propiedades físicas y mecánicas. NCh 968. Of86. Santiago, Chile. 18p.

KANNEGIESSER, U. 1990. Apuntes sobre algunas acacias australianas: 1. *Acacia mearnsii* De Willd. Ciencia e Investigación Forestal, 4 (2):198-212.

LOEWE, V.; GONZÁLEZ, M.; SIEBERT, H Y GONZÁLEZ, Y. 2004. El Aromo Australiano y su proyección. Revista Chile Forestal N°301: 17-20. Santiago, Chile.

MATAMALA, L.. 1974. Estudio de extractos tánicos nacionales. Concepción, Chile, Universidad de Concepción, Escuela Ingeniería, Laboratorio Productos Forestales. 200p.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1980. Fire crops. Shrubs and tree species for energy production. Washington, D.C. National Academy Press. v. 1. 237p.

PETERI, G. 1965. Aprovechamiento de la corteza del pino insigne en la obtención de tanino. Concepción, Chile, Universidad de Concepción, Dirección Investigación. CIC N°8. 30p.

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

_____; **GUTIÉRREZ, B; GUTIÉRREZ, J. 2000a.** 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.



_____; **MOLINA, M.P.; VILLARROEL, A.; GUTIÉRREZ, J. 2000b.** Primeros resultados de un ensayo de especies y procedencias de *Acacia* en la VIII Región. In Actas 1º Simposium Latinoamericano sobre Manejo Forestal. (2000, Santa María, Brasil, 9-10 de noviembre). Santa María, Brasil, Universidad Federal de Santa María.

QUINTANA, M. I. 1971. Pulpaje de madera de Aromo australiano (*Acacia melanoxylon* R.Br) mediante el proceso Kraft. Memoria de Prueba para optar al título de Ingeniero Civil Químico. Concepción, Chile, Universidad de Concepción. Facultad de Ingeniería.

TAPPI. 1974. Tappi Testing Procedures. Procedimientos análisis densidad de la madera (T 258 om-94), químicos de extraíbles en diclorometano (T204 om-88) y extraíbles en agua caliente (T207 om-93). New York, Technical Association of the Pulp and Paper Industry.

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN. LABORATORIO DE PRODUCTOS FORESTALES. 1992. Informe interno. Concepción, Chile, Universidad de Concepción. Sin publicar.



INFOR
Instituto Forestal

Visite nuestra página Web
<http://www.infor.cl>

Oficina Diaguítas (Chile)
Pedro Pablo Muñoz 234
La Serena
Fono/Fax: (56-51) 21 61 34

Sede Centro (Chile)
Huérfanos 554
Casilla 3085
Santiago
Fono: (56-2) 693 07 00
Fax: (56-2) 638 12 86

Sede Bío Bío (Chile)
Camino a Coronel Km. 7,5
Casilla 109 C
Concepción
Fono/Fax: (56-41) 274 90 90

Sede Los Lagos (Chile)
Fundo Teja Norte
Casilla 385
Valdivia
Fono: (56-63) 21 14 76
Fax: (56-63) 21 89 68

Sede La Patagonia (Chile)
Baquedano 645
Coyhaique
Fono: (56-67) 23 47 04
Fax: (56-67) 23 35 85