

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN

DIRECCIÓN DE PROYECTOS

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN INTEGRACIÓN BOSQUE INDUSTRIA

INFORME FINAL DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

## **“Maderas de Reforestación HACIA la Sostenibilidad (MADERHAS)”**

**INVESTIGADORES:**

*Ing. Roger Moya R. Ph.D.  
Ing. Freddy Muñoz A. M.Sc.  
Ing. Cynthia Salas G., M.B.A  
Ing Alexander Berrocal J., M.Sc.  
Ing. Nancy Gamboa, MSc.  
Ing Laura Leandro Z., M.Sc.*

DICIEMBRE, 2008.



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN  
DIRECCIÓN DE PROYECTOS**

**INFORME FINAL DE PROYECTO  
(N° 5402-1401-9301)**

**1. DATOS GENERALES**

1. Nombre del Proyecto: **Maderas de Reforestación HACIA la Sostenibilidad –MADERHAS**

2. Departamento académico o Centro responsable: Escuela Ingeniería Forestal / CIIBI

3. Otros departamentos participantes: Ninguno

4. Investigador(a) responsable: Ing. Roger Moya. Dr.

5. Investigadores participantes:.

<b>Nombre del(la) investigador(a) y grado académico</b>	<b>Jornada en el proyecto (hrs/sem)</b>	<b>Período</b>	<b>N° de meses en el proyecto</b>	<b>Tipo de plaza*</b>
Ing. Roger Moya.	20	Enero-2007 Diciembre-2008	24	Docencia
Freddy Muñoz	10	Enero-2007 Diciembre-2008	24	Docencia
Alexander Berrocal J.	10	Enero-2007 Julio-2008	18	Docencia
Ing. Nancy Gambia.	10	Agosto-2007 Diciembre-2008	18	Docencia
Ing. Cynthia Salas G.	10	Diciembre-2007 Diciembre-2008	13	Docencia
Ing. Laura Leandro Z.	10	Julio-2008 Diciembre-2008	6	Docencia
Ing. Edwin Esquivel	8	Enero-2007 Julio-2007	6	Docencia

6. Fecha de inicio: 1° enero 2007

7. Fecha de finalización: 30 Diciembre 2008

8. Sesión y fecha de aprobación de Escuela: Sesión Extraordinaria 03-2006 (15 de mayo de 2006).

## **2. RESUMEN DEL PROYECTO**

En el presente documento presenta la información de 10 de las especies forestales, a saber acacia (*Acacia mangnium*), jaul (*Alnus acuminata*), pochote (*Bombacosis quinatum*), *Cupressus lisutanica*, laurel (*Cordia alliodora*), melina (*Gmelia arbórea*), teca (*Tectona grandis*), amarillón (*Terminalia amozonia*), surà (*Terminalia oblonga*) y cebo/mayo (*Vochysia guatemalensis*) y que representan las principales especies de reforestación utilizadas en Costa Rica. En este documento se presenta información de cada una de las especies en los siguiente apartados: aprovechamiento de plantaciones, transporte y durabilidad de trozas, descripción general y macroscópica, descripción microscópica, propiedades físicas, propiedades mecánicas, propiedades químicas, desempeño y calidad de aserrío, secado al aire, secado al horno, preservación, durabilidad y trabajabilidad.

Toda la información acá presentada fue generada de plantaciones de dichas especies de plantación, todas ellas con edades muy próximas al turno de rotación y la información que es generada tiene como objetivo poner al sector de reforestación costarricense todas las características necesaria para el procesamiento industrial de las especies de plantación.

### **Research program MADERHAS (Reforestation Wood toward sustainability)**

#### **SUMMARY**

In this research is shown the industrial information about 10 species growing in Fast-growth condition in Costa Rica. The plantation species are acacia (*Acacia mangnium*), jaul (*Alnus acuminata*), pochote (*Bombacosis quinatum*), *Cupressus lisutanica*, laurel (*Cordia alliodora*), melina (*Gmelia arbórea*), teca (*Tectona grandis*), amarillón (*Terminalia amozonia*), surà (*Terminalia oblonga*) and cebo/mayo (*Vochysia guatemalensis*). The wood and industrial properties are the flowing part: jogging, transportation and log decay, general description, macroscopy and microscopy wood anatomic, physical properties, mechanical properties, chemical properties, behavior and quality in sawmill, air-dry process, kiln dry process, decay resistance and workability.

The wood used for development this information was extracted from trees growing in pure plantation with age near to rotation period. The timber industry will better orient about the uses of these woods and also regarding the techniques, equipment, accessories and future processes. In addition, it may allow improving considerable these conditions of wood coming from forestry plantations.

### **3. FUNDAMENTOS DEL PROYECTO O ANTECEDENTES**

#### **3.1. Objetivo General:**

Evaluar en dos edades diferentes de plantación, el desarrollo de la morfología, características anatómicas, propiedades físico-mecánicas, de preservación, de secado, de durabilidad natural, de trabajabilidad y de aserrio de 8 especies forestales utilizadas en la reforestación comercial en Costa Rica.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- ✚ Determinar la variación longitudinal (sentido base-altura del árbol) de la proporción de albura y duramen, posición de la médula y presencia de madera de reacción.
- ✚ Determinar aquellos aspectos de la morfología del árbol y de la característica del árbol durante las operaciones de aprovechamiento.
- ✚ Determinar la densidad verde y contenido de humedad de madera en estado verde y el peso específico (básico, 12% de contenido de humedad y seco al horno) y contracciones para las especies de plantaciones forestales en las diferentes altura del árbol.
- ✚ Determinar a un contenido de humedad a 12% los esfuerzos mecánicos de flexión estática, comprensión, tensión, cortante, dureza, extracción de clavos, extracción de tornillos e impacto.
- ✚ Determinar la durabilidad natural (al contacto con el suelo y al medio ambiente) de la especies de plantación en un cementerio de estacas utilizando muestras de 2 x 2 y 20 cm y de postes de madera.
- ✚ Determinar las propiedades de preservación utilizando dos métodos: vació-presión y inmersión difusión tanto de madera aserrada como portes de madera.
- ✚ Determinar la resistencia al ataque de hongos (2 tipos) utilizando el método de suelo bloque.
- ✚ Determinar el comportamiento en secado natural (al aire) y secado convencional.
- ✚ Determinar las propiedades de trabajabilidad tales como cepillado, moldurado, torneado, lijado, taladrado, clavado y atornillado cada una de las especies de plantación.

### **3. BREVE DESCRIPCION DE LA METODOLOGÍA**

**Especies seleccionadas:** Las especies analizadas son *Acacia magnium* (acacia), *Alnus acuminata* (jaul), *Bombapcosis quinatum* (pochote), *Cupressus lusitanica* (ciprés), *Gmelina arborea* (melina), *Swietenia macrophylla* (caoba), *Tectona grandis* (teca), *Terminalia amazonia* (amarrillón), *Terminalia oblonga* (sura) y *Vochysia guatemalensis* (cebo). Todas ellas con gran interés en alguna región del país. De dichas especies se contemplan 3 especies exóticas (teca, melina y acacia) y 7 nativas.

**Plantación muestreadas:** Las plantaciones muestreadas para el presente trabajo presentaban rangos de edad entre 9 y 13 años, densidades entre 338 a 575 árboles/ha y diferentes tipos o intensidades de manejo, los cuales son detallados en cada una de las fichas técnicas. En todas las plantaciones, el espaciamento inicial fue de 3 x 3 m, lo cual significó una densidad inicial de 1 111 árboles/ha.

**Muestreo dentro del árbol:** En cada uno de los árboles seleccionados primeramente fue determinado el diámetro a la altura del pecho y altura comercial. Seguidamente fueron cortados dos discos de 4 cm de espesor a la altura del pecho o DAP (1,30 m de la base) y posteriormente fueron cortadas dos trozas. En el tramo de la base del árbol hasta la altura del DAP fue obtenida la primera troza, posterior al DAP y hasta una altura de 2,5 m fue obtenida la segunda troza. Estas dos trozas fueron utilizadas en la determinación de las propiedades mecánicas de la madera. El resto del árbol hasta alcanzar un diámetro de 13 cm fue cortado en trozas con un largo de 2,5 m para ser utilizadas en la evaluación de otras propiedades de la madera (secado, preservación, entre otras).

**Aprovechamiento:** Esta operación se aplicó en un área representativa de la extensión de cada plantación, en todas las plantaciones se aplicó un segundo raleo. En el corte de los árboles se utilizó una motosierra Husqvarna 55 y fueron evaluados diferentes aspectos que pueden dividirse en dos grupos: cualitativos y cuantitativos.

**Transporte y durabilidad de trozas:** Las mediciones de transporte y durabilidad de trozas se realizaron evaluando las operaciones de troceo, acarreo y apilado, así como evaluaciones del tiempo en el que las trozas podían permanecer en el campo sin verse atacadas por hongos e insectos.

**Descripción general de la madera:** *Descripción macroscópica de la madera:* en la descripción de la estructura macroscópica se consideró como referencia los términos establecidos por Espinosa y León (2001). Además, se consultaron los términos usados por la Asociación Internacional de Anatomista de la Madera Latifoliadas (IAWA, 1989), los criterios de la Comisión Pan-Americana de Normas Técnicas-COPANT (1974) y las Normas y Procedimientos en Estudios da Anatomía da Madera (IBAMA, 1992). Para estas normas, a excepción de IAWA (1989), la observación de la madera se realizó con la ayuda de una lupa de 10X de los 3 elementos celulares de la madera (vasos, parénquima y radios), la formación de anillos de crecimiento y el color de la madera.

**Descripción microscópica de la madera:** La descripción de la estructura anatómica a nivel de microscopio se realizó de acuerdo con las normas de la Asociación Internacional de Anatomista de la Madera Latifoliadas (IAWA, 1989).

**Propiedades físicas:** fueron determinado las siguientes propiedades físicas densidad verde, contenido de humedad verde, contracciones radiales, tangenciales y volumétricas, Peso específico, poder calórico entre otras

**Propiedades mecánicas:** Las propiedades mecánicas determinadas fueron: módulo de ruptura y módulo de elasticidad en flexión, esfuerzo máximo compresión paralela a la fibra, esfuerzo máximo compresión perpendicular a la fibra, esfuerzo máximo tensión paralela a la fibra, esfuerzo máximo cortante paralela a la fibra tangencial y radial, esfuerzo máximo tensión perpendicular a la fibra tangencial y radial, esfuerzo máximo en clivaje tangencial y radial, dureza janka axial y lateral y esfuerzo en extracción de clavos axial y lateral. Se preparó un total de 18 muestras por especie y condición de humedad para cada tipo de esfuerzo mecánico, siguiendo las normas o estándares ASTM D -143-94 (ASTM 2003b). Los ensayos se realizaron en dos condiciones de humedad, seca al 12% de contenido de humedad denominado seca al aire y en condición verde. Se utilizó una máquina universal marca Tinus Olsen con una capacidad de hasta 60 toneladas.

**Propiedades químicas:** las propiedades químicas determinadas para cada especie fueron: pH, poder calórico, la solubilidad en hidróxido de sodio (NaOH), agua destilada (fría y caliente), diclorometano (CH<sub>2</sub>-Cl<sub>2</sub>) y etanol-tolueno. Por otra parte, se determinó el contenido de ceniza y sílice.

**Desempeño y calidad de aserrío:** En el procesamiento se evaluó el desempeño de la especie por observación durante el proceso de aserrío de las trozas en algunas casos utilizando el aserradero de cinta tradicional en Costa Rica que posee volantes entre 1,0 y 1,3 m de diámetro, en otros el sistema de

aserrío empleado para el procesamiento de madera de plantaciones con una combinación de sierra circular doble (aserrío) y sierra circular múltiple (reaserrío) y en otras ocasiones se observó el desempeño en aserraderos portátiles de cinta horizontal. Posteriormente durante el proceso de aserrío fue evaluando su comportamiento, por la presencia de madera con algún grado de torcedura y el desafilado de las sierras fue preguntado a los operarios del aserradero si consideraba o no este como un problema. Así también a estos mismos operarios se les consultó su opinión personal de cómo fue el comportamiento de la especie. En la calidad de la presencia por defectos fueron evaluado los siguiente rajaduras, grietas, arqueadura, acanalado, alabeo y encorvadura. Para ello se utilizó la metodología sugerida por Hallock y Malcolm (1972) y Milota (1996).

**Secado al aire:** En el secado al aire, los defectos de torceduras (pandeos), rajaduras o reventaduras fueron solamente observados antes y después del secado. En la variación del contenido de humedad con el tiempo, primeramente fueron tomados 6 muestras testigos, 3 de ellas fueron colocadas en cada lado de la pila y en 3 diferentes alturas (parte baja, parte media y la parte alta de la pila). Dicho procedimiento se encuentra detallado en Rietz and Page (1971). Las muestras fueron pesadas durante el primer mes cada dos días, posteriormente las muestra fueron pesadas 2 veces en a semana hasta alcanzar el contenido de humedad de equilibrio. El tiempo de secado fue determinado por el tiempo en días que tardaron el promedio de las muestras en alcanzar un 20% de contenido de humedad (contenido de humedad de equilibrio de la provincia de Cartago en Costa Rica. El tiempo de secado fue clasificado como lenta, moderada y rápida según lo establecido por el Comité Pan-Americano de Normas y Estándares para pruebas en especies tropicales (Comisión Panamericana de Normas y Estándares 1976). La razón de secado se calculó por la diferencia entre el contenido de humedad inicial y el contenido de humedad al 20%, y dicho valor fue dividido entre el número de días para alcanzar un 20% de contenido de humedad.

**Secado al horno:** En promedio de cada plantación fue necesario cortar 20 árboles de la plantación y fueron trozas en trozas de 2,5 m de largo hasta la altura comercial. En cada una de las trozas fue aplicado patrón de corte detallado en la figura 4, en donde fue cortado madera de 2,5 de espesor por lo ancho, las cuales fueron desorilladas o canteadas posteriormente. El proceso de secado fue conducido en un horno de 2 m<sup>3</sup> de capacidad marca Nardi ®.

**Preservación:** fueron practicados dos métodos *inmersión-difusión con solución de boratos y sistema vacío-presión con solución preservante CCA-C*

**Durabilidad:** Para la realización de los ensayos de biodeterioro se utilizaron el método suelo-bloque y se trabajó con los hongos *Trametes versicolor* y *Pycnoporus sanguineus*. En el caso de la metodología suelo-bloque se trabajó siguiendo la Norma ASTM designación D-2017-81 (1994), para ensayos acelerados de resistencia natural a la pudrición.

**Trabajabilidad:** Esta medición contempla ensayos de cepillado, lijado, taladrado, moldurado, escopleado y torneado. Los ensayos se efectuaron siguiendo las especificaciones estipuladas en la Norma ASTM-D-1666-93, con modificaciones propuestas para efectos de ensayos de maderas tropicales “Normas de trabajabilidad del acuerdo de Cartagena”, adaptada para los ensayos de Costa Rica.

**PLAN DE ACCIÓN**

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Cumplimiento</b>	<b>Producto</b>	<b>Observaciones</b>
Determinar la variación longitudinal (sentido base-altura del árbol) de la proporción de albura y duramen, posición de la médula y presencia de madera de reacción	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fue encontrado que duramen esta presente en las siguientes especies <i>V. guatemalensis</i>, <i>B. quinatum</i> y <i>Acacia magnium</i>, <i>Cupressus lusitanica</i> y <i>Swietenia macrophylla</i>.</li> </ul>	En las especies de <i>T. amazonia</i> , <i>T. oblonga</i> es necesario realizar futuras pruebas con el fin de determinar realmente cual es la lección de duramen ya que no se visualidad a simple vista.
Determinar aquellos aspectos de la morfología del árbol y de la característica del árbol durante las operaciones de aprovechamiento	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tablas 1 y 2 con ilustraciones del la fichas tecnológicas de la maderas de plantaciones.</li> </ul>	
Determinar la densidad verde y contenido de humedad de madera en estado verde y el peso específico (básico, 12% de contenido de humedad y seco al horno) y contracciones para las especies de plantaciones forestales en las diferentes altura del árbol.	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se tienen diseñadas todas las curvas para diferentes alturas de los albores s</li> <li>En la tala 5 de cada una de las especies de plantación se presenta los valores para el diámetro a la altura del pecho</li> </ul>	Aunque se tienen todas estas curvas diseñadas para el comportamiento de diferentes especies no fue posible involucrar este aspecto en las fichas ya que se considerar un aspecto de poco aporte para el objetivo de las fichas. Sin embargo esta información se espera incorporar en un artículo científico que en el futuro se escribirá.
Determinar a un contenido de humedad a 12% los esfuerzos mecánicos de flexión estática, comprensión, tensión, cortante, dureza, extracción de clavos, extracción de tornillos e impacto.	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tablas 6 de la fichas tecnológicas de la maderas de plantaciones.</li> </ul>	En la información generada presenta la ventaja de que se presentan todos los ensayos mecánicos de la madera establecidos para su caracterización.
Determinar la durabilidad natural (al contacto con el suelo y al medio ambiente) de la especies de plantación en un cementerio de estacas utilizando muestras de 2 x 2 y 20 cm y de postes de madera.	50%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se tienen un cementerio de estacas permanentes</li> </ul>	Este tipo de ensayo tiene un durabilidad de varios años y en este momento existe el cementerio y se esta evaluando las especies cada 6 meses.

Conti...

Objetivos específicos	Cumplimiento	Producto	Observaciones
Determinar las propiedades de preservación utilizando dos métodos: vacío-presión y inmersión difusión tanto de madera aserrada como portes de madera.	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tablas 1 y 2 con ilustraciones del la fichas tecnológicas de la maderas de plantaciones.</li> </ul>	Se debe investigar sobre el comportamiento en preservación por inmersión de todas las especies ya que se observo comportamiento propios para cada especies que pueden estar afectando otros factores.
Determinar la resistencia al ataque de hongos (2 tipos) utilizando el método de suelo bloque.	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tablas 11 con ilustraciones del la fichas tecnológicas de la maderas de plantaciones.</li> </ul>	
Determinar el comportamiento en secado natural (al aire) y secado convencional	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tablas 10 con ilustraciones del la fichas tecnológicas de la maderas de plantaciones.</li> </ul>	Se observaron que dos especies de las analizadas presentan muchos problemas de secado y que es necesario investigar aun mas por lo que se planteado un nuevo proyecto de investigación con <i>V. guatemalensis</i> y <i>A. manigum</i> .
Determinar las propiedades de trabajabilidad tales como cepillado, moldurado, torneado, lijado, taladrado, clavado y atornillado cada una de las especies de plantación.	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tablas 8, 9 y 13 con ilustraciones del la fichas tecnológicas de la maderas de plantaciones.</li> </ul>	

#### 4. PRINCIPALES RESULTADOS Y/O CONCLUSIONES OBTENIDOS

- Es de resaltar que en el presente proyecto se tenía como objetivo solamente de desarrollar el material con la información para el procesamiento de la madera proveniente de las 10 especies más importantes utilizadas en la reforestación comercial de Costa Rica, por lo que se tiene este material ya preparado.
- La madera de duramen no esta presente en las especies de *Vochysia guatemalensis*, *Bombaposis quinata*, *Terminalia oblonga* y *T. amazonia*, dando consecuencia que estas maderas sean de baja resistencia al ataque de hongos, sin embargo esto se puede solventar preservando este tipo de tejido.
- En el presente proyecto se observo que en general las especies utilizadas en la reforestación comercial de Costa Rica poseen densidad de madera superior a 0,40, siendo solamente la *Vochysia guatemalensis* y *Bombaposis quinata* con densidad a este valor.
- De igual forma, aparte de las dos especies mencionadas anteriormente, se observa que las maderas utilizadas en la reforestación comercial son especies con propiedades mecánicas bastante aceptables.
- Durante el proceso de secado de la madera si es realizado al aire, en todas las especies se observó que para espesores de madera hasta de 7,5 cm los tiempos de secado son inferior a 100 días, tiempo corto si se compara con los estándares internacionales.
- En el secado convencional para las especies de *Vochysia guatemalensis* y *Acacia magnium* son las dos especies con mayores problemas de secado no solo en tiempo de duración si no en calidad de secado.
- La preservación por inmersión difusión, utilizado para madera que estará sometida a condiciones de uso en la parte interior de las construcción es posible de realizar en todas las especies de maderas de plantación, exceptuando la especie ciprés. Así mismo algunas especies la penetración del preservantes es muy rápido como las dos terminalias y otras con un proceso de difusión muy lento como el ciprés.
- Se observó que las especies compuesta por albura en su totalidad es posible utilizar el método de preservación a presión, con la única excepción de la albura del ciprés. En tanto cuando el duramen esta presente en las especies forestales no es posible preservar con este método
- En general fue posible comprobar que todas las especies es posible utilizar los equipos y métodos utilizados para el procesamiento de madera de plantación sin grandes problemas. Sin embargo algunos ajuste deben hacerse para algunas especies con alta presencia de tensiones de crecimiento, tales como las terminalias analizadas
- A pesar que las especies de plantación se encontraban en rango de edades inferior a 15 años, en general madera juvenil, se determinó que la mayoría presentan buenas propiedades de trabajabilidad. No obstante, la operación que involucra el torneado debe cuidarse en especies como la melina y cebo, ya que presentan pequeños problemas de calidad de superpie al efectuar esta operación.

#### 5. GESTIÓN DEL PROYECTO E INCONVENIENTES

Aunque el proyecto inicialmente fue planteado menos objetivos fueron desarrollados otros temas como fueron la determinación de las propiedades químicas de la madera y capacidad calórica de la madera. Esto por que se observó una oportunidad de desarrollar estos temas con los equipos existentes en los laboratorios de química existente en el CIQIATEC.

Este proyecto involucro un número considerable de giras con el fin de recolectar el material para realizar los ensayos. Como suele suceder los efectos climáticos fueron los principales problemas para realizar esta actividad. Así mismo, esta actividad es preferible realizarla en los meses de verano, que se extiende desde enero a mayo, sin embargo por el sistema presupuestario del ITCR que inicia la ejecución de los proyecto a mitad o finales de mayo deja poco tiempo para realizar las actividades de aprovechamiento

La actividad involucro que durante el desarrollo del proyecto el cambio e incorporación de investigadores, dando como resultado que algunas actividades se demoran mas de lo debido. Sin embargo esto no involucro atrasos para la finalización del proyecto.

## **6. APORTE DE INFRAESTRUCTURA: DOCENCIA DEL CENTRO O LA ESCUELA**

1. Equipo de ultrasonido, dado por el proyecto de la VIE para equipar los diferentes laboratorios.
2. Cámara de control ambiental dado por la VIE en el año 2008.
3. Equipo de extracción de extractivos de la madera dado por la VIE en el año 2008. .
4. **Mantenimiento y reparación del vehículo** FORD placa # 265-107, utilizado durante el desarrollo del proyecto y combustible para otros vehículos. También reparación del tractor/cargador FORD 6610 del CIIBI.

## **7. DIVULGACIÓN DE RESULTADOS**

El proyecto MADERHAS tenía como objetivo generar la información sobre la industrialización de las 10 principales especies de plantación de Costa Rica, la cual ha sido generada en su totalidad. Se espera que de este momento en adelante se empiece en la búsqueda de una editorial para poder publicar los resultados de este proyecto de investigación que involucro mucho personal y recurso. Así mismo se espera general con la información artículos científicos para sean publicados en revistas indexadas.

### **8.1. Artículos científicos preparado**

1. **Shirazinia, M., Moya, R., Muñoz, F.; Properties of curved laminated steamed veneer made from fast-growing tropical species of Costa Rica glued with one-part polyurethanes.** Holz als Roh- und Werkstoff. (artículo sometido en diciembre de 2008).

### **8.2. Divulgación externa internacional**

1. Ponencia en Argentina: Moya, R. Propiedades de madera de especies nativas de rápido crecimiento utilizadas en la reforestación comercial en Costa Rica. II congreso Iberoamericano de Productos Forestales (maderas y no madereros). 3-5 de julio de 2005. Puerto Madero- Buenos Aires-Argentina.
2. Ponencia en Venezuela: Moya, R. **“Aspectos tecnológicos y características que influyen en el secado de la madera de melina (*Gmelina arborea*)”** V Congreso Forestal Latinoamericano. 2-5 de abril de 2008. Mérida - Venezuela.
3. Ponencia en Chile: Moya, R. **“Modulation of moisture content in conventional kiln of wood from fast-growing tropical species in plantation”.** SWST Annual Meeting en la Universidad de Concepción 10-12 de noviembre de 2008. Concepción – Chile.
4. Ponencia en Costa Rica: vargas, C. **“An application of radiotracers in determining treated wood with boron preservative of fast growth plantation in Costa Rica”.** I Taller Latinoamericano de Ensayos no destructivos en productos de madera. 2-4 de diciembre de 2008. San José – Costa Rica.

### **8.3. Congresos internacionales**

MOYA, R., MUÑOZ, F., 2007. Propiedades de madera de especies nativas de rápido crecimiento utilizadas en la reforestación comercial en Costa Rica. In: INTA Concordia y Sánchez, M. Resúmenes de los trabajos de III congreso Iberoamericano de Productos Forestales (maderas y no madereros). 3-5 de julio de 2005. Puerto Madero- Buenos Aires-Argentina.

SHIRAZINIA, M., MOYA, R., MUÑOZ, F. 2008. Desarrollo de curvas laminadas vaporizadas con especies de rápido crecimiento en Costa Rica. In: Encinas, O., Lugo, L., Ramirez, H. (eds). Libro de Resúmenes IV Congreso Forestal Latinoamericano. 2-5 de abril de 2008. Mérida - Venezuela. Pag. 30.

VARGAS; C., CONEJO, M., MOYA, R., JIN, HA., 2008. An application of radiotracers in determining treated wood with borom preservative of fast growth plantation in Costa Rica. En. Leandro, L. (ed). Libro de Resúmenes II Taller Latinoamericano de Ensayos no destructivos en productos de madera. 2-4 de diciembre de 2008. San José – Costa Rica. p.53.

MOYA, R., URUEÑA, E., MUÑOZ, F-. 2008. Modulation of moisture content in conventional kiln of wood from fast-growing tropical species in plantation. CD. SWST, L. (ed). Proc Proceedings SWST Annual Meeting. 10-12 de noviembre de 2008. Concepción – Chile. p.52.

## **8. AGRADECIMIENTOS**

Los investigadores de este proyecto dan las gracias a las siguientes personas, organizaciones y empresas:

Ing. Rafael Cordoba, por sus aportes y comentarios acertados sobre el tema de secado de madera, Ph.D. Edwin Canessa, por sus aportes en anatomía de la madera, Al Dr. Rafael Serrano, también por sus aportes.

A los funcionarios del Centro de Investigación en Integración Bosque Industria (CIIBI), por su trabajo en la ejecución de los ensayos, a la Unidad de transportes del ITCR, así como también a todas las personas que colaboraron en las plantaciones en labores de corta, extracción y troceo del material.

A la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica, por el financiamiento del proyecto.

A las empresas, Maderas & Servicios S.A. y Brikman & Asociados S.A. (BARCA S.A.), Maderas Preciosas de Costa Rica (MACORI), a la Escuela de Agricultura y ganadería del trópico (EARTH), Maderas cultivadas de Costa (MCC), Ganadera Barsa por la donación de las trozas de melina utilizadas en este proyecto.

9. **ANEXOS** Se adjuntan todos los artículos científicos, notas técnicas, plegable informativo, poster y demás información pertinente.

**1-Articulos científicos preparado**

**Shirazinia, M., Moya, R., Muñoz, F.;** **Properties of curved laminated steamed veneer made from fast-growing tropical species of Costa Rica glued with one-part polyurethanes.** Holz als Roh- und Werkstoff. (artículo sometido en diciembre de 2008)

**Properties of curved laminated steamed veneer made from fast-growing tropical species of Costa Rica with one-part polyurethanes**

**Mahyar Shirazinia**

Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Apartado 159-7050, Cartago, Costa Rica. Email: [osemun@hotmail.com](mailto:osemun@hotmail.com)

**Róger Moya\***

Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Apartado 159-7050, Cartago, Costa Rica. Email: [rmoya@itcr.ac.cr](mailto:rmoya@itcr.ac.cr)

**Freddy Muñoz**

Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Apartado 159-7050, Cartago, Costa Rica. Email: [fmunoz@itcr.ac.cr](mailto:fmunoz@itcr.ac.cr)

\*Corresponding author

**Properties of curved laminated steamed veneer made from fast-growing tropical species of Costa Rica glued with one-part polyurethanes**

**SUMMARY**

*Alnus acuminata*, *Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *Terminalia oblonga* and *Swietenia macrophylla* all originated from fast growth plantations, were used in the manufacture of laminated curved with radii of 4, 6, 8, 10, 12 and 14 cm in combination with polyurethanes adhesive. The results show that it was possible to reach radius of curvature of 4 cm in all species, except for *T. grandis*. The steaming process increased the moisture content of the veneer in a range from 3.3 to 10.2%. Radius of curvature smaller than 10 cm, and in radius of 12 and 14 the curvature tends to get open (1% as maximum). Nevertheless the opening gets stabilized after 4 days. The highest delaminations values take place in the *T. grandis* and *T. oblonga* in the radius from 4 to 8 cm. The shear stress values varied from 76 to 114 kg cm<sup>-2</sup> in all tested species. The aging test did not alter significantly the shear stress but delamination was affected.

Keywords: curved properties, delamination, laminated curves, mold, shear stress

## 1 Introduction

The laminated curves (LC) are commonly built from veneers with a uniform thickness, which allows a better workability when curved. In this technique, each veneer is glued and placed in the mold, and pressure is applied to join the set of veneers until the adhesive completes the forge time. In this way it is obtained radius of curvatures (RC) smaller than the ones that would be gotten with a solid piece of wood (Stevens and Turner 1970). LC is found in diverse uses, especially in the construction of boats or sailboats and furniture (Wu et al. 1999).

Each wood species, which is put under the bending will have a different response to determined RC (Wagenführ et al. 2006), which depends on many intrinsic properties of the wood, such as its anatomical properties, mechanical properties or spiral orientation grain, among others (Stevens and Turner 1970). The steam application additionally to other techniques makes the wood flexible and it is applied in order to even reduce more the RC during bending. So, smaller RC is produce (Wu et al. 1998, Lam 2001). Generally in the manufacture of curves with solid wood firstly, a steaming on wood is carried out and after this process the wood is curved and pressed in a simultaneous way (Peck 1955). In consequence, the temperature of the wood increases the thermal linear coefficient of wood expansion; as a result it allows a greater stretching. A widely accepted hypothesis is that the softening of lignin largely dominates the effect of temperature and moisture (Kärenlampi 2005). It is indicated that during the steam, the lignin and the hemicelluloses are affected by the temperature and humidity produced by the steam (Cousins 1977, Kärenlampi 2002).

The softwood and hardwood of tropical climates have been par excellence the species widely used in the development of curves with solid wood. However, in recent years the wood shortage of high commercial value and natural durability has allowed that species with less commercial value, or wood from fast growth plantations is more and more being used in the industry (Wu et al. 1998). In Costa Rica, fast growth species have generally being used by the wood industry. *Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *Terminalia oblonga*, *Alnus acuminata* and *Swietenia macrophylla* are some of the most important species planted in the reforestation of this country, due its importance in the national and international market of tropical woods. *T. grandis*, and *G. arborea*, which were introduced in Costa Rica, are species of great potential due to their adaptation facility to diverse environmental conditions, and site conditions (Moya and Tomazello 2008, Moya and Pérez 2008). The native species like *A. acuminata*, *S. macrophylla*, and *T. oblonga* that have potential for commercial reforestation in the country high zones, have shown excellent growth in plantations, and these are species enough knowing in the market (Piotto et al. 2003).

On the other hand, the adhesives of one-part-polyurethane have come being used in the construction of structural wood elements (Vick and Okkonen 1998, 2000, Widsten et al. 2006). However, their applications in laminated curves using the steam process in tropical wood are not well known yet.

Under the concept to innovate with new originating wood products from fast growth species in tropical regions, it is that the present work tries to evaluate the behavior of these 5 species used in the development of laminate-steamed curves with adhesive of type one-part polyurethane, establishing the minimum RC, moisture content (MC) of the steamed veneer, opening percentage (OP) and delamination percentage (DP) of the veneers after vacuum and pressure condition. Also shear stress and delamination before and after submissive the aging for the adhesive in each tested species.

## 2 Methodology

**Wood samples:** Five fast growth tropical species in Costa Rica were used, *T. grandis*, *G. arborea*, *S. macrophylla*, *T. oblonga* and *A. acuminata*. The plantations age rank oscillates between 9 to 10 years, and plantation density between 338-575 trees per hectare<sup>-1</sup>. The plantation conditions and the forestry management of the plantations are shown in table 1. The initial spatial arrangement was 3 x 3 m (1110 n ha<sup>-1</sup>) in all species.

**Veneers preparation:** nine trees were selected to represent all the diameter range in the plantation from thinner trees, through their average diameter. From each one of selected trees, logs of the base of the tree were cut, which veneers of 3 mm of width were obtained and dried to 9.5 -13,3% of MC (Table 2). Veneers were selected free of knots, check nor fungi presence. Others veneers samples were also cut with the purpose to determine the MC without steam. There were conditioned at 22°C and 60% relative humidity during several weeks until they reached a moisture content of 11-12%. Thus also, of each one of the trees it was cut a disc at the end of the first log and a log between the height of the breast and 2.5 meters of height. Then in this log a central block of 6 cm of thickness was obtained. The disc was used to determine the specific gravity according to ASTM D-2395 (ASMT 2003a) and to determine the pH in each one of the sampled trees. In the block were obtained 5 x 5 x 76 cm samples (wide, thickness and long) to determine the module of elasticity (MOE) and module of rupture (MOR) in static beam at 12% or air-dried, according to D-143-91 (ASTM 2003b).

On cross-disc was sawn a radial strip of 3 cm width through pith from north to south direction. Specific gravity (SG) was measured on these samples according to ASTM D-2395 (ASTM 2003a). Three grams of 40 mesh-sawdust sample of wood was taken cross-sections of each tree. A solution of 1 g sawdust of each tree and 5 ml of water were used for measuring pH of the tissues by Accumet AP61 pH meter.

**Mold construction:** round segments were drawn with radius of 4, 6, 8, 10 and 14 cm on plywood. A 180° bent angle of curvature was drawn. After that, 4 sheet of 1.5 cm-thick were joined (for 6 cm total) with PVA (polyvinyl-acetate) to give to the molds the necessary thickness (Fig. 1a). Once the adhesive was dried it was sandpapered in order to make a finished surface. The mold consisted of the following parts: mold, against-mold, support and base (Fig. 1a).

**Steam veneers:** the steaming chamber with dimensions of 200 x 30 x 30 cm was constructed with wood and complemented with a no rust material tank with capacity for 19 liters of water, using electrical energy for heating water to generate steam (Fig. 1b). The water has to be heated previously by 1 hour and the temperature within the chamber should reach 95-99 °C. After, the veneers were introduced and steamed during 3 hours.

**Process of gluing and bending the wood:** Titebond® polyurethane was used as an adhesive of type one-part, whose main characteristics are: it allows to use in wood with water content between 15-40%, density of 1.15 g cm<sup>-3</sup>, solids percentage of the 100%, ignition point of 93°C, joint time of 20 minutes at 21°C and 50% of relative humidity. The thickness and moisture content of veneers were 3 mm and 9.5-13.3% respectively. The number of veneers was 7, so laminated curve was 23-24 mm thickness. Immediately after the veneer steaming process the adhesive was applied quickly in order to keep wood flexibility from steam. The amount of adhesive applied was 200 g m<sup>-2</sup> by a hand roller on one face of the veneer. Then veneers were bended and pressed in the mold. The press time was of 4 hours in air temperature (21 °C). A total of 116 curves were fabricated, 4 replications by each radius and by each specie (5 species x 6 radius x 4 repetitions).

**Evaluation of the LC:** several parameters were defined to establish bend susceptibility. *Minimum RC:* this parameter was established during the bend and press process. It is defined as the radius where veneers were properly bended and not produced failures by check, shear, twist or tensile. Once the press was retired, the curves were checked, eliminating the excess of adhesive and sandpapering with the purpose to obtain both clean and plane surfaces. Later, it was come to the evaluation of the laminated curves. The evaluation included: *Increase on the moisture content (MC):* before steaming process, 4 veneers were chosen randomly in order to determine the MC of the wood. After the elimination of the pressure, the MC was evaluated, cutting two samples of 20.5 cm length from both extremes of the LC. The MC was determined following the standard D4442 (ASTM 2003c). *Opening Percentage (OP) determination:* it is defined as the lost of the radius when the wood was bent (Fig. 2), expressed in percentage with respect to initial radius at which the veneers were bend (Equation 1). The OP was daily measured from 0 to 8 days after press was eliminated. *Delamination percentage determination (DP):* delamination is the separation between veneers, there was counted all failures in LC and it was calculated as percentage of total veneers in LC. 4 LC were selected and 2 samples of 7.5 cm length were extracted, one located in the central part of the LC, and the other one in the lateral side (Fig. 2). All veneers samples were enumerated from 1 up to 7, being veneer 1 the sheet located in the outside of radius, and number 7 the most internal radius of the curve (Fig. 2). Afterwards, all of them were exposed to vacuum-pressure (Va-Pr) according to D2559-76 (ASTM 2003d). The delamination presence was observed on the glued line before and after the vacuum-pressure process. The delamination was located in the veneer enumerated position. And it was named with “dry” before the vacuum process and with emptiness- pressure (VPR) after vacuum process.

$$\text{Opening percentage} = \frac{\text{Final radius (R}_f\text{)} - \text{Inicial radius (R}_i\text{)}}{\text{Inicial radius (R}_i\text{)}} \times 100 \quad (1)$$

**Evaluation of adhesive in shear stress and aging test:** the adhesive was evaluated in shear stress test with and without aging cyclic, with the purpose to evaluate the adhesion behavior between species and adhesive. There were evaluated 5 samples of 2 x 5 x 30 cm according to D-905 (ASTM 2003e) with the same humidity conditions, gluing, steaming time and pressing of the made up LC. These samples were cut for obtaining specimens with 6.3 cm length. The specimens were divided in two groups of equal amount. First half was determined the resistance to sharp in the 4 glued lines that this in the central part (Fig. 2), according to D-905-03 (ASTM 2003e). This condition was denominated shear stress in the dry condition (SH-Dry). The other half of the specimens were used to measures the shear stress in 4 glued lines after aging or accelerated cyclical exhibition according to D 2559 (ASTM 2003d). And it was denominated as shear in humidity (SH-wet).

### 3 Results

#### 3.1 Bent susceptibility

Table 2 showed some wood properties obtained from fast growing condition trees, and the parameters evaluated in LC. In *A. acuminata*, *G. arborea*, *S. macrophylla*, and *T. oblonga* was obtained the RC of 4 cm in bend and *T. grandis* reached just a 6 cm in RC. The MC increased in all species after steam process. *T. grandis* and *S. macrophylla* were the ones that increased the less. And also, these species were the ones with the highest SG (Table 2). It was observed that just *A. acuminata* was susceptible to produce failures in the LC after the bending process. A 2.6% of the total veneers showed failures in some sections and the outside of the curvature were the most susceptible to have them, these are the ones exposed to tension efforts. For the other species, there were not broken veneers problems (Table 2).

#### 3.2 Percentage of opening in the curvature

The radii of 4, 6, 8 and 10 cm did not show any aperture of the curve after 8 days of bending. While in radius of 12 and 14 cm were found openings problems, with the exception of the *A. acuminata* that did not evidence any openings (Fig. 3b). In *G. arborea* and *A. acuminata* in RC of 12 cm (Fig. 3a) and for the same *A. acuminata* in 14 cm radio the opening was constant during the first 0 to 8 days period (Fig. 3b). In radius of 12 cm for *A. acuminata* and *G. arborea* wood the OP was around 0.3%. For the rest of the species, it was observed that the OP becomes stabilized in a maximum period of 4 days for 12 and 14 cm radius (Fig. 3). According to these results we can affirm that the adhesive one part polyurethane cures completely after 96 hours, since the behavior pattern stays constant for all the species.

Although openings of the curvature appears with time, the measured values were minor than 1%, being a little significant value. The highest reached value was 0.79% in RC of 12 cm radius for *T. grandis*; it means that the increment in the radius was 0.75 mm. Then, in 14 cm radius for *T. grandis* and *T. oblonga* were measured the highest values again, 0.17% in both species. Variance analysis (ANOVA) shown that there not significant different between these values and the opening obtained for *G. arborea*, *S. macrophylla* or *A. acuminata* in the same radius. Also, the variance analysis ANOVA has shown that even though these species displayed the highest values, these were not statistically different with the openings obtained in *G. arborea*, *S. macrophylla* or *A. acuminata* for these radiuses. In relation to the OP in the time, the variance analysis, showed as well that significant difference between values of 0, 2, 4, 6 and 8 days of measurement for 5 species in the RC of 12 or 14 cm does not exist.

#### 3.3 Veneer Delamination

The delamination percentage (DP) was minor than 1.9% for all glued veneers in all curves and species. Then, *G. arborea* had the highest values in delamination, with 1.9%. *T. oblonga* was the second one with 1.5 %, and subsequently followed by *A. acuminata*, *S. macrophylla*, and *T. grandis*, with values of 0.9, 0.6 and 0.45% respectively (Fig. 4a). DP increased with Va-Pr exposition (Fig. 4a). It was determined that *T. grandis* produces 17.2% of 336 plates analyzed with delamination problems, followed in descendant sequence by *T. oblonga*, which presented similar values than *T. grandis* (Fig. 4a). The lowest values of DP were found in *A. acuminata* (Fig. 4a). It was only measured delamination in 4 cm and 6 cm radius (Fig. 5a) and they were located in 1, 2, 4 and 5 position of curve in Va-Pr condition. DP varied from 12.5% to 37.5% (Table 3). The next species with fewer problems of delamination was *S. macrophylla* (Fig. 4a). Although, DP of veneer were found in all RC in this species (Fig. 5b), the highest values were found in 4 cm radius, with delamination percentage varying from 12.5 to 50.0% and there were located tension parts of curves, veneer positions 5, 6 and 7 (Table 3). *G. arborea* was the species with higher DP values than *A. acuminata* and *S. macrophylla*, but it has with lower values than *T. oblonga* and *T. grandis*. RC with 12 and 14 cm were the lowest values in this species and in the 4 and 10 cm radius with highest DP values, mainly in Va-Pr condition (Fig. 5c) and located in 1, 2, 4, 5, 7 and 8 position of curve (Table 3). For *T. oblonga* and *T. grandis* were measured the highest values in DP in RC of 4 cm and 6 cm respectively (*T. grandis* did not reached RC of 4 cm). After that, DP in to 12 cm of RC varied from 5.4% to 23.2% (Fig. 5d and 5e). For *T. grandis* veneers of 6 cm in RC, located in 3 and 7 position and 4 to 7 positions (tension position in the curve) were the highest delamination values founded (Table 3).

#### 3.4 Shear stress

Shear stress varied from 77 to 99 kg cm<sup>-2</sup> in SH-dry for all wood species. *S. macrophylla* and *T. grandis* were the species of greater resistance and *A. acuminata* had the lowest values. Shear stress values in *T. oblonga* and *G. arborea* were intermediate values. Although, there were differences in resistance values in all species, ANOVA analysis, shown that statistical difference (P-valor < 0.05) was only found between *S. macrophylla* and *A. acuminata* and between *T. grandis* and *A. acuminata* (Fig. 4b). In SH-wet condition data varied from 49 to 121 kg cm<sup>-2</sup>, it was determined that the maximum sharp stress increased in relation to the SH-dry condition in all species (P-valor < 0.05), with the exception of

the *A. acuminata* (Fig. 4b). However, these values were not statistically significant ( $P$ -valor $<0.05$ ). The unique exception was *A. acuminata* that displayed statistic inferior values in the SH-wet condition that the SH-dry condition (Fig. 4b). Shear stress values of *T. grandis*, *S. macrophylla*, *T. oblonga* and *G. arborea* were not significantly different in SH-wet condition ( $P$ -valor $<0.05$ ). The *A. acuminata* was the species with resistance statistically inferior of the rest of the species (Fig. 4b).

#### 4 Discussion

The RC using veneer steamed with wood from 5 fast growing tropical species has shown results under 6 cm of radius (Table 2). The reports of Forest Products Research Laboratory (FPRL) of USA for these species or others with the same sort shown, that they have superior values to those obtained in this study where we used plates of 2-3 mm in thickness. For example, for *T. grandis*, the FPRL reports minimum RC of 14.7 cm (Stevens and Turner 1970) while our minimum RC was 6 cm. In *T. ivorensis* (the same genus that *T. oblonga* and *T. amazonia* but it has lower density) the FPRL reports found minimum radio of 19.1 cm in comparison with 4 cm obtained for this study. Mean while, in *Alnus glutinosa*, same genus as *Alnus acuminata*, FPRL reports 18.8 cm as the minimum RC, which is bigger than 4 cm obtained in this study. Finally for the *Swietenia* genus, there are different reports ranges of radius from 14.7 to 23.6 cm, which are higher than the 4 cm got in this study for *S. macrophylla*. In 34 tropical species with specific gravity between 0.19 and 0.90 that were studied in Mexico had reported results in 3 mm veneer without steam, and they founded that only 3 tropical species (*Ceiba pentandra*, *Pseudobombax ellipticum* and *Quercus sartorio* ) present RC of 4 to 6 cm (Martínez and Pinillos 2008), being these values similar to the 5 fast growing species. It demonstrates that the vapor effect on the veneer allows more flexibility which results on smaller RC compared to the veneer made of solid wood or veneer in natural condition that have not been steamed with (Stevens and Turner 1970). The steam, among other advantages in the manufacture process, allows using wood of lesser quality or with bad bending properties to be used in the internal parts of the veneer (Peck 1957).

Even though it investigation did not find any difference between the minimum RC, with the exception of *T. grandis* (Table 2), other curve properties as OP (Fig. 3), differences in DP in the delamination percentage of the different veneers that compose the curve (Fig. 4a and 5, Table 2) or the values for shear stress of glued line (Fig. 4b), there were found differences among 5 tropical species. These differences can be explained from different points of views. (i) Each wood species is a complex of different proportions from cellulose polymers, hemicellulose and lignin (Pereira et al. 2003), and the proportion and adjustment of these polymers allow the variation in the different types of wood (Karenlampi 2005). For instance, Cousins (1978) and Salem (1984) having as reference the LC, mentioned that a higher presence of water and hemicelluloses tends to plasticize the wood, and the higher lignin and cellulose presence tend to make stiffness the wood. Even though, there was not a study for the chemical composition of used wood, a differences between them are expected, so allowing different bending properties. (ii) Differences in anatomy compositions can be produced differences among wood species in bend properties. Hepworth et al. (2002) established that the variations in the resistance of the wood in hardwood species can be explained in the amount and frequency of the vessels and the fiber presence. They mentioned that a bigger diameter vessel has less capacity to absorb energy.

An inconvenience that may be noticed when steamed laminated curves are make, is that the process increased MC in the wood in a range of 3.3% till 10.2% (Table 1), which makes it necessary to stabilize the curve again before it is uses.

The values obtained in the mechanical test of flexion and specific gravity showed the relationship between MOR and MOE with the bending properties of wood. *T. grandis*, for instance presented the highest values of MOE, MOR and of specific gravity, followed by *S. macrophylla* and *T. oblonga*. It is important to note that this tendency was found properties of LC. The produced efforts in flexion and tension are associated with the flexibility of the wood (Wagenfuhr et al. 2006) and that these at the same time are associated to the values of specific gravity (Wu et al. 1998). The *T. grandis* with the highest values in flexion and parallel tension, therefore of greater rigidity, was the species with a minimum bending diameter (Table 2), is making it the most rigid species. It was not possible to reach the minimum LC with this wood specie. And *T. grandis* also had severe problems in OP and DP in the radius of 12 and 14 cm (Fig. 3 and 4a). *G. arborea* and *A. acuminata* with the smallest values of MOE and MOR confirm again, that species with low values in the flexion parameters display better performance before bending. In the case of *A. acuminata*, the number of failure layers in the curves was higher, which can be linked to the inclined grain in the tree influenced by the wickedness handling of prunings applied to the sampled plantations (Table 1).

The delaminations that took place in the LC were caused by loss of adhesiveness between the adhesive and the adherent in the glued line that can be associated to anatomical factors or extractive little compatible with the adhesive or the pressing process (Wagenfuhr et al. 2006, Gardner 2006). Besides of these chemical components, others factors like the manufacture and formed of the curves can also cause variation among species (Wu et al. 1999). Also, the fact that the same glued line was submitted to two different type of forces, located in the external part they are put under tension

effort and in the internal line to compression effort (Wu and Furuno 1999), making the glued line susceptible to delamination.

Even though the made curves with fast growing species are susceptible to delamination, the values are low, considering that DP less than 2% was presented in the glued line (Fig. 4a). However, the delamination of the curves in SH-wet condition increased significantly in all species (Fig. 4a). But shear resistant values were not affected, with the exception of *A. acuminata* (Fig. 4b), suggesting that the delaminations are related to the compatibility between wood and adhesive. Probably, the wood-adhesive complex in *T. grandis* and *T. oblonga* are the least compatible. The delaminations, in these species, were around 17%, higher values than the rest of species (Fig. 4a). *T. grandis*, which is considered a species with wettability problem (Chen and Wangaard 1968, Custodio et al. 2008). This problem can be a possible cause to the high delamination suffered in *T. grandis*. Recently, it has been demonstrated that lipophenolic and phenolic extractives produced lower wettability in adhesives like the one-part-polyurethane (Widsten et al. 2006). *T. oblonga* is the most acid species of the 5 in this study (pH=4.13). A low pH inhibits the polymerization of the adhesives resulting in resistance problems of the glued line (Mantanis and Young 1997, Serneck et al. 2008).

For *A. acuminata*, even though the DP was low, it was the species with the lowest of shear stress after ageing. The adherence of the adhesive is influenced by other factors related to wood (Stevens and Turner 1970). Studies with other adhesives have mentioned the importance of the factors related to wood such as extractives content and low wood density (Vick and Okkonen 1998, 2000, Kishino and Nakano 2004), and it may be affect LC from *A. acuminata* wood.

## 5 Conclusions

The steamed veneer allows reaching smaller curve radius with fast growing tropical species. While the species *A. acuminata*, *S. macrophylla*, *G. arborea*, *T. oblonga* reached 4 cm, *T. grandis* only reached 6 cm, being this difference influenced by the high specific weight value, and high rigidity of *T. grandis*. Followed by that the steam process increases the moisture content of veneers in a rank from 3.3% to 10.2% after steam.

The laminated curves with radiuses lesser than 10 cm do not lose their shape after they were released from the pressure of the mold. Whereas for veneers built from *G. arborea* and *A. acuminata*, laminated curves with radius of 12 and 14 cm did not present opening; while curves with the same radius, made from *S. macrophylla*, *T. oblonga* and *T. grandis* wood becomes stabilized 4 days after being released from the pressure. The regions of the curve under tension (external plates) are the most susceptible to produce delamination.

The steam veneer glued with one-part polyurethane adhesive allows to obtain laminated curves throughout the steam process with few delaminations and quite stable resistance for the species *S. macrophylla* and *G. arborea*. Mean while failure veneer and low shear resistant values were obtained after the Va-Pr process, in *A. acuminata*.

With these results, we can conclude that using veneers made from fast growing tropical species, applying the steam process, and the utilization of one-part polyurethane adhesive it can result in a high quality laminated curves of excellent performance that besides can be used in manufacture of laminated curves with small enough radiuses like which are used in the industry of the furniture.

## Acknowledgements

The authors wish to thank the Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE) at Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), for financial support.

## References

- ASTM Standard (2003a) D 2395-02, Standard test methods for specific gravity of wood and wood-base materials.
- ASTM Standard (2003b) D 143-94, Test methods for small clear specimens of timber.
- ASTM Standard (2003c) D4442, Standard test methods for direct moisture content measurement of wood and wood-base materials.
- ASTM Standard (2003d) D 2559, Standard specification for adhesives for structural laminated wood products for use under exterior (Wet Use) exposure conditions.
- ASTM Standard (2003e) D-905-03, Standard test method for strength properties of adhesive bonds in shear by compression loading.
- Cousins WJ (1978) Young's modulus of hemicellulose as related to moisture content. Wood Sci. Tech. 12:161-167
- Custódio J, Broughton J, Cruz H, Hutchinson A (2008) A review of adhesion promotion techniques for solid timber substrates. The J. Adhesion 84:502-529
- Chen C, Wangaard FF (1968) Wettability and the hysteresis effect in the sorption of water vapor by wood. Wood Sci. Tech. 2:177-187

- Gardner DJ (2006) Adhesion mechanisms of durable wood adhesive bonds. In Stokke, D.D., Groom, L.H. Cellulosic cell wall. Blackwell Publishing CRC Press, USA, 2006.
- Hepworth DG, Vincent JF, Stringer G, Jeronimidis G (2002). Variations in the morphology of wood structure can explain why hardwood species of similar density have very different resistances to impact and compressive loading. Phil. Trans. Soc. A. 360 (1791): 255-272
- Kärenlampi PP (2005) Viscoplasticity of steamed wood. Mech.Time-Depend. Mater. 9: 161-172
- Kishino M, Nakano T (2004) Artificial weathering of tropical woods. Part 1: Changes in wettability. Holzforschung 58: 552-557
- Lam F (2001) Modern structural wood products. Progr. Struct. Eng. Mater. 3(3): 238-245
- Mantanis GI, Young RA (1997) Wetting of wood. Wood Sci. Tech. 31: 339-353
- Martínez JL, Pinillos E (2007). Laminado de 34 tipos de madera de México: radios mínimos que se pueden obtener con cada una de ellas. (in spanish) [http://www.mexicandesign.com/revista/doblado\\_maderas.htm](http://www.mexicandesign.com/revista/doblado_maderas.htm)
- Moya R, Pérez LD (2008) Effect of physical and chemical soil properties on wood characteristics of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. J. Trop. Forest Sci. 20: 47-155.
- Moya R., Tomazello M (2008) Variation in the wood anatomical structure of *Gmelina arborea* trees at different ecological conditions in Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 56: 689-704
- Peck E (1955) Bending solid wood to form. U. S. Department of Agriculture, Forest Service. Agriculture Handbook No. 125. USA.
- Pereira H, Graça J, Rodrigues JC (2003) Wood chemistry in relation to quality. In: Barnett, J.R., Jeronimidis, G. Wood quality and its biological basis. Blackwell Publishing CRC Press, USA,.
- Piotto D, Montagnini F, Ugalde L, Kanninen M (2003) Performance of forest plantations in small and medium sized farms in the Atlantic lowlands of Costa Rica. Forest Ecol. Manag. 175: 195–204
- Salmén L (1984) Viscoelastic properties of in situ lignin under water-saturated conditions. J. Mat. Sci. 19: 3090-3096
- Sernek M., Boonstra M, Pizzi A, Despres A, Gérardin P (2008) Bonding performance of heat treated wood with structural adhesives Holz Roh Werk. 63:173-180
- Stevens W, Turner N. (1970) Wood bending handbook. Ministry of Technology. London, England.
- Vick CB, Okkonen EA (1998) Strength and durability of one part polyurethane adhesive bonds to wood. Forest Prod. J. 48(11/12):71–76
- Vick CB, Okkonen EA (2000) Durability of one-part polyurethane bonds to wood improved by HMR coupling agent. Forest Prod. J. 50(10): 69-75
- Wagenführ A, Buchelt R, Pfriem A (2006) Material behavior of veneer during multidimensional moulding. J. Wood Sci. 64: 83-89
- Wu Z, Furuno T, Zhang B. (1998) Properties of curved laminated veneer lumber made from fast-growing species with radiofrequency heating for use in furniture. J. Wood Sci. 44: 275-281
- Wu Z, Furuno T (1999) Stress distributions and failure types of curved laminated veneer lumber for use in furniture under loading. J. Wood Sci. 44: 134-142
- Wu Z, Furuno T, Yoshihara H (1999) Calculation models of pressure and position of laminated veneer lumber on molds during pressing. J. Wood Sci. 45: 213-220
- Widsten P, Voytek F, Gutowski S, Li S, Cerra T, Molenaar S, Spicer M (2006) Factors influencing timber gluability with one-part polyurethanes – studied with nine Australian timber species. Holzforshung 60:423-428

Table 1. Information of the conditions and management of the used plantations

Specie	Age Tree (years)	Plantation density (n/ha)	Total Height (m)	DHB (cm)	Management
<i>Alnus acuminata</i>	9	338	19	36.7	2 selective thinning was applied to trees at 4 and 7 years old. Not pruning
<i>Swietenia macrophylla</i>	10	480	16.7	21.5	A sanitary and selective thinning was applied at 3 to 9 years old with pruning at 50% of total height of the tree.
<i>Gmelina arborea</i>	10 - 12	368	25.1	28	2 selective thinning was applied to trees at 4 and 8 years old with pruning
<i>Terminalia oblonga</i>	10	495-575	22.1	24.1	A sanitary and selective thinning was applied at 3 to 9 years old with pruning at 50% of total height of the tree.
<i>Tectona grandis</i>	12 - 13	475	21.85	25.15	2 selective thinning was applied to trees at 4 and 8 years old with pruning

Table 2. Some properties of wood used for curved laminated veneers, from fast growth species under plantation in Costa Rica.

Parameters		<i>Alnus Acuminata</i>	<i>Swietenia macrophylla</i>	<i>Gmelina arborea</i>	<i>Terminalia oblonga</i>	<i>Tectona grandis</i>
Radius curvature obtained(cm)		4	4	4	4	6
Veneers failure (%)		2.6	0	0	0	0
Density	Basic	0.33	0.59	0.34	0.56	0,54
	at 12% in MC*	0.45	0.57	0.46	0.52	0,65
Moisture content (%)	Before to bent	9.5	13.3	11.5	10.5	11.1
	Alter to bent	19.7	16.6	17.8	19.2	16,8
	Increment	10.2	3.3	6.3	8.7	5,7
Module of Elasticity x10 <sup>3</sup> (kg cm <sup>-2</sup> )		68	80	71	62	120
Module of Rupture (kg cm <sup>-2</sup> )		463	630	305	500	900
pH		6.04	5.23	6.14	4.13	5.18

Table 3. Delamination percentage according to veneer position and RC.

Specie	Radii	Veneer 1		Veneer 2		Veneer 3		Veneer 4		Veneer 5		Veneer 6		Veneer 7	
		Dry	Vr-Pr	Dry	Vr-Pr	Dry	Vr-Pr	Dry	Vr-Pr	Dry	Vr-Pr	Dry	Vr-Pr	Dry	Vr-Pr
<i>Alnus acuminata</i>	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	-	-	12.5	-	-	-	-	-
	4	37.5	37.5	-	25	-	-	-	12.5	-	-	-	-	-	-
<i>Swietenia macrophylla</i>	14	-	-	-	12.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.5	-	-	
	10	-	-	-	-	-	12.5	12.5	-	-	-	-	-	-	
	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	6	-	-	-	12.5	-	-	-	-	12.5	12.5	-	25	-	
	4	-	25	12.5	25	-	12.5	-	25	-	37.5	-	50	-	50
<i>Gmelina arborea</i>	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.5	-	12.5	-	
	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	10	-	25	-	37.5	-	25	-	37.5	-	25	-	-	-	37.5
	8	-	-	-	25	-	-	-	12.5	-	-	-	-	-	-
	6	-	25	-	12.5	-	-	-	-	-	25	-	-	-	-
	4	25	62.5	12.5	25	-	-	12.5	25	12.5	-	-	25	-	12.5
<i>Terminalia. oblonga</i>	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	12	-	12.5	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	10	12.5	87.5	-	12.5	-	-	12.5	37.5	-	-	-	-	-	
	8	-	-	-	12.5	12.5	37.5	-	25	12.5	12.5	-	-	-	
	6	-	12.5	-	-	-	-	12.5	12.5	-	25	-	37.5	-	12.5
	4	-	50	-	50	-	75	-	37.5	-	50	-	37.5	-	50
<i>Tectona. grandis</i>	14	-	-	-	-	-	25	-	12.5	-	12.5	-	-	-	
	12	-	12.5	-	12.5	-	50	-	-	-	-	-	-	-	
	10	-	50	-	37.5	-	12.5	-	12.5	-	-	12.5	37.5	-	12.5
	8	-	75	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	6	-	75	-	-	-	62.5	-	-	-	25	-	37.5	-	12.5

Note: the delamination was not present, any values were not written.

Figures:

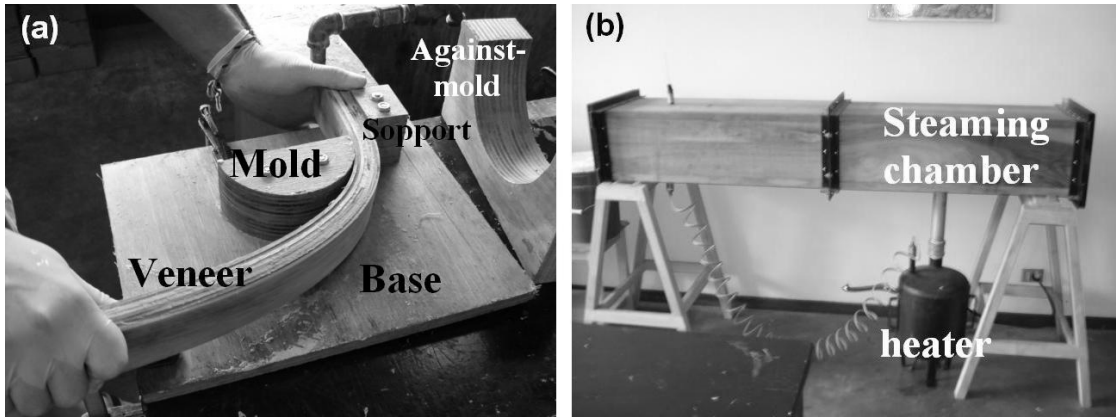


Fig. 1.

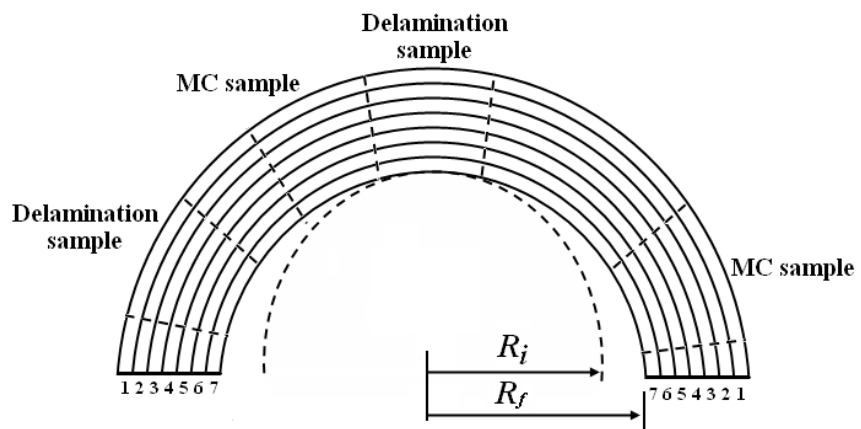


Fig. 2.

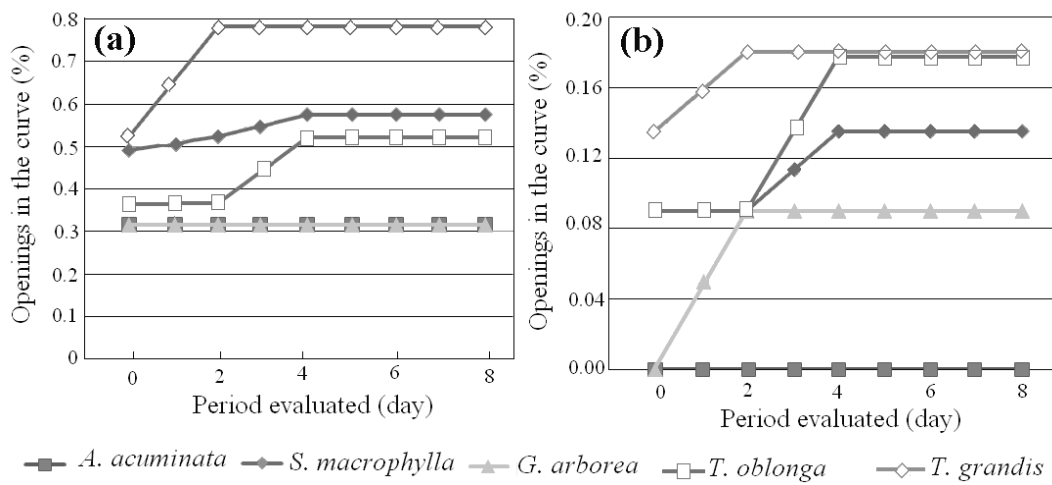


Fig. 3.

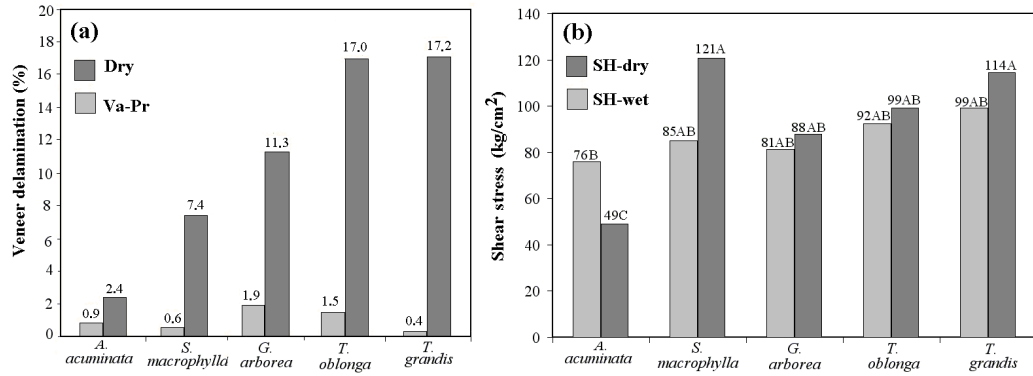


Fig. 4.

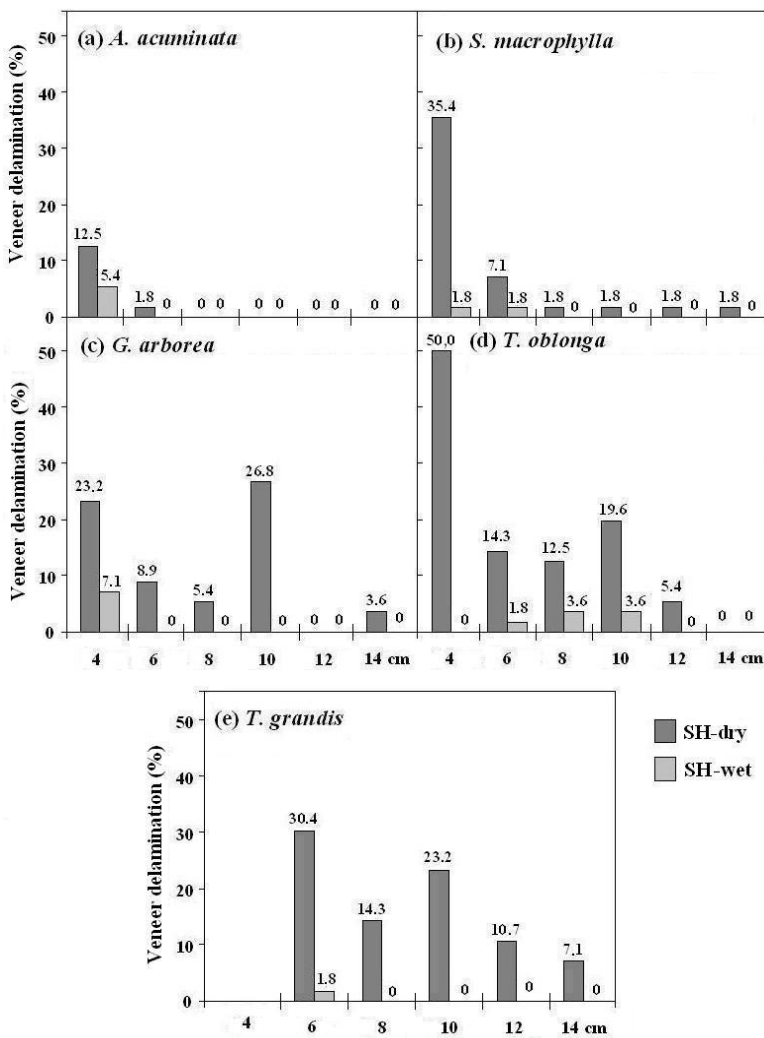


Fig. 5.

Figure Title:

Fig. 1. (a) General view of the mold built for curving veneer ( $R= 12$  cm in this case) and (b) pilot steaming chamber

Fig. 2. Veneer position and different RC for OP determination

Fig. 3. OP in the time (a) 12 cm radius (b) 14 cm radius for different species from fast growing plantation

Fig. 4. (a) DP and (b) shear stress before and alter aging for LC veneers.

Fig. 5. DP in different RC for *A. acuminata*, *S. macrophylla*, *G. arborea*, *T. oblonga* and *T. grandis*.

## Trabajos en Congresos

MOYA, R., URUEÑA, E., MUÑOZ, F.- 2008. Modulation of moisture content in conventional kiln of wood from fast-growing tropical species in plantation. CD. SWST, L. (ed). Proc Proceedings SWST Annual Meeting. 10-12 de noviembre de 2008. Concepción – Chile. p.52.

### **Modulation of Moisture Content and Grouping of Wood from Fast-growth Tropical Species in Plantation**

Róger Moya

Escuela de Ing. en Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica  
CIIBI, Apartado 159-7050, Cartago, COSTA RICA.

Email: [rmoya@itcr.ac.cr](mailto:rmoya@itcr.ac.cr)

Erika Urueña

Facultad de Ing. en Forestal, Universidad de Tolima  
A.A. 546 Ibagué, COLOMBIA

[erikajohana18@hotmail.com](mailto:erikajohana18@hotmail.com)

Cynthia SALAS and Freddy MUÑOZ

Escuela de Depto. Ing. en Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica  
CIIBI, Apartado 159-7050, Cartago, COSTA RICA.

[cysalas@itcr.ac.cr](mailto:cysalas@itcr.ac.cr), [fmunoz@itcr.ac.cr](mailto:fmunoz@itcr.ac.cr)

#### **Abstract**

Exotic and native species had wide been planted in reforestation program in several tropical countries, with excellent developed in tree diameter and productivity. However, some problems are noted: wood properties and industrial performance are different when wood came this condition. There was began a research about dry behavior of drying time of wood from species growing in fast growth plantation. The main objective was to determine a model lineal of moisture content (MC) variation of wood obtained from MC measured by gravimetric method. High power precision ( $R^2 > 0.90$ ) was found in *Alnus acuminata*, *Tectona grandis* and *Terminalia oblonga*. *Vochysia guatemalensis*, *Swietenia macrophylla*, afterwards *Cupressus lusitanica*, *Swietenia macrophylla*, *Terminalia amazonia* and *Vochysia guatemalensis* varied their  $R^2$  from 0.80 to 0.87. The lowest value of  $R^2$  was found in *Acacia magnium*. The linerized model from  $moisture\ content = a * e^{-time*b}$  was utilized for grouping wood species. Five groups were established from a longest and shortest dying time. The first and second group is colleted *A. magnium* and *V. guatemalensis* respectively. In the third ones, *C. lusitanica* and *T. grandis* were group and the flowing one *S. macrophylla*, *T. amazonia* and *T. oblonga*. And last group with shortest drying time is compost for *A. acuminata*.

#### **Key words**

Dry, moisture content, tropical species, wood quality

#### **Introduction**

Costa Rica possesses a great stock of hardwood timber for sawmilling both from natural and plantation forests (Moya 2004), however species growing in fast growth plantation condition had reached large commercial importance. On the other hand, few species have acquired commercial importance in reforestation projects due to a reduced knowledge on their genetic, reproductive, and silvicultural management (Mora 2002). By year 2000, only 50 000 ha of timber species were counted for forest plantations with production purposes, limiting the establishment of a sustainable wood trade market.

An advantage of planted species is the uniformity of the product processes, not only the sawnwood but also the drying process, (Moya, 2004). Many tropical species from natural forest in the trade market must be dried in the same place and time of these planted species because of the small volume of the first one (De Souza Mendes et al., 1995, Jankowsky and Gonçalves, 2006). At the same time, conventional kiln drying is the most common method for drying lumber around the world. A different drying schedule is implemented in conventional kiln drying according to lumber characteristics as dimensions, specific gravity, tendency to show defects or degrade and desired quality standards.

Few studies on wood properties or behavior in industrial process of fast growth species from tropical climates are reported in the literature and are limited to a reduced number of characteristics. The aim of the present study was to establish the relationships moisture content measured current moisture content eight (*Acacia mangium*, *Alnus acuminata*, *Cupressus lusitanica*, *Swietenia macrophylla*, *Terminalia amazonia*, *Terminalia oblonga*, *Tectona grandis* and *Vochysia guatemalensis*) species growing in fast growing plantation condition in a tropical region of Costa Rica. And this information utilized for grouping of those species.

### Material and Methods

**Plantation description and tree sampling:** eight different pure plantations located at several parts of Costa Rica were utilized. The initial planting density was 1111 trees/ha (3x3 m spacing); at the moment of evaluation the stands aged 9-18 years and presented a density of 495-575 trees/ha (Table 1). A second thinning was applied in representative plots of all species, approximately 60 trees in one hectare. 3 or 4 logs with 2.5 m in length were extracted for each thinning, approximately 60 logs with 3.5 m<sup>3</sup>.

**Sawing pattern:** Logs were sawn using a pattern described in figure 1. This pattern was designed to produce boards with different orthotropic directions commonly used in Costa Rica to obtain wood for furniture industry. Each board was 2.5 cm thick and boards with bark were processed using an edger. Approximately 250 boards were obtained from different logs/species.

Table 1. Information on the conditions and management of the plantations used.

Specie	<i>Acacia magnium</i>	<i>Alnus acuminata</i>	<i>Swietenia macrophylla</i>	<i>Terminalia oblonga</i>	<i>Terminalia amazonia</i>	<i>Tectona grandis</i>	<i>Cupressus lusitanica</i>	<i>Vochysia guatemalensis</i>
Age (Years)	9	9	10	10	14	13	18	8
Density (trees/ha)	556	338	480	495-575	452	475		515
Total height (m)	20.7	19	16.7	-	21.40	21.85		22.7
DBH (cm)	20.5	36.7	21.5	-	22.59	25.2		18.5
Gravity specific	0.45	0.34	0.51	0.55	0.49	0.57	0.43	0.32
Initial MC (%)	134.49	75.5	42.42	52.57	66.61	106.39	91.91	176.9
Final MC (%)	17.28	9.46	13.3	9.11	12	10.8	11.8	7.58
Drying time (Hours)	376	52	147	159	183	237	274	227
Drying rate (% / hrs)	0.31	1.27	0.20	0.27	0.30	0.40	0.29	0.75
Dry schedule*	T2-D4 & T6-D2	T10-E3	T6-D4	T3-C2	T3-C2	Schedule H (Adjust)	T3-C2	T2-D4
Dry groups**	1	5	4	4	4	3	3	2

\*Sydney et al. (1988).

\*\*Dry groups utilized in linearized model

**Drying and moisture content control:** The drying process was carried out in a small NARDI® 2 m<sup>3</sup> capacity dry kiln. The drying schedule used was according different references for wood (Table 1). The pilot kiln had six moisture probes, which were located at different heights and depths of the package. These probe measurements were used as reference to make changes to both the temperature and relative humidity inside the kiln. MC was also monitored using six kiln samples located at different pile heights. The probes measurements were located in the same boards (Fig. 1b). The kiln sample was weighted twice time per day and simultaneously was recorded the MC displayed for moisture probes.

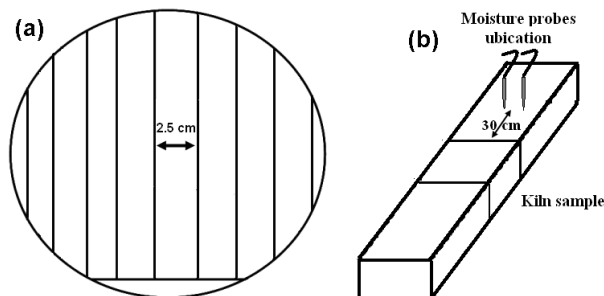


Figure 1. Sawing pattern and kiln samples obtained from boards

## Results

Large average initial moisture content was found for different fast growth plantation species, from 52.57% to 134.49%. Besides, large initial MC was measured different kiln samples in all different species (Fig. 2a), except in *T. oblonga* where the differences between maximum and minimum MC of samples was only 9%. Although, the main objective of our work was not established grouping species for kiln dry, three different group can be separate according initial MC (Fig. 2a); (I) lower initial MC, *S. macrophylla* and *T. oblonga* are grouped it; (II) moderate initial MC; *A. acuminata*, *C. lusitanica*, *T. grandis* and *T. amazonia* can be include and (III) with higher initial MC, that incorporates *A. magnium* and *V. guatemalensis*.

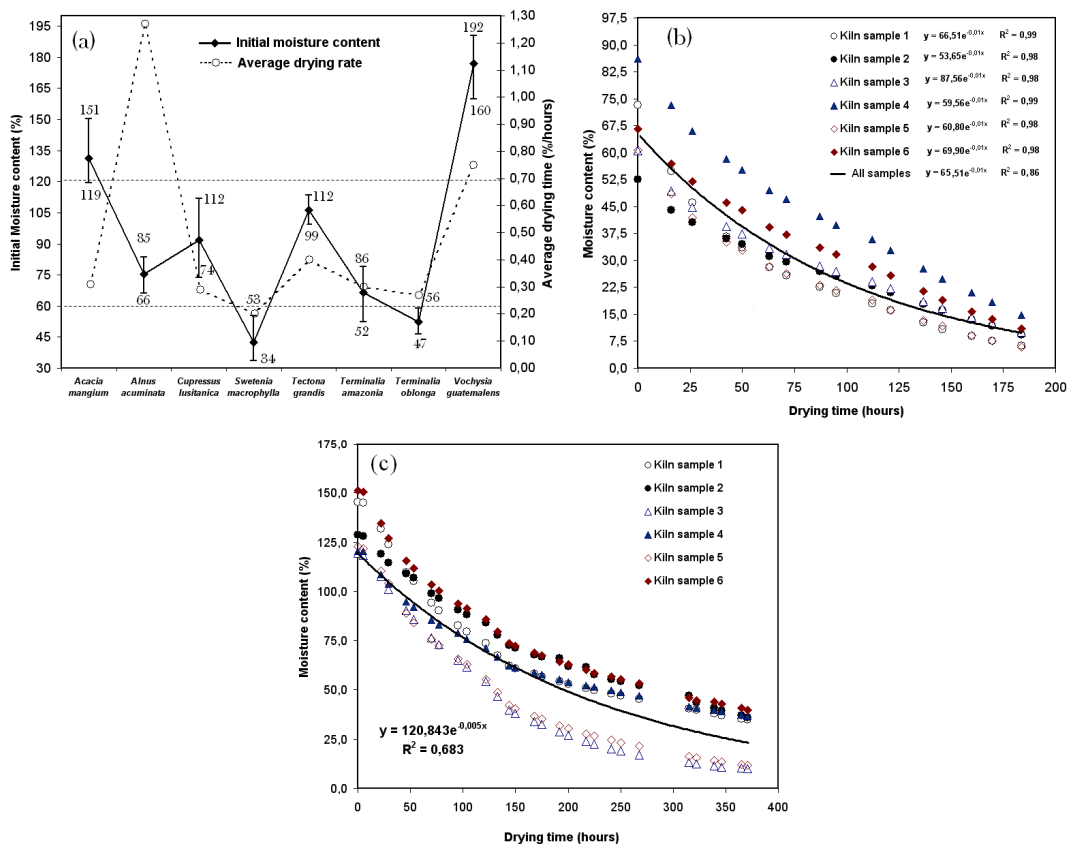


Figure 2. Initial MC and average drying rate for different fast-growth plantation species (a) and variation of MC with drying time in *Terminalia amazonia* (b) and *A. magnium* (c).

The final MC varied between 9.11% to 17.28. It was also found that wet pocket presence was presented in 4 kiln samples of *A. magnium*, varying from 34 to 39% (Fig. 2c), so these samples affected the final average MC (Table 1). On the other hand, the time to reach final MC varied from 52 to 376 hours. Boards of *A. magnium* required a greater number of hours for reaching final MC than others plantation species (Table 1). *C. lusitanica* required 274 hours, following by *T. grandis* and *V. guatemalensis*. While, intermediated period was found for *S. macrophylla*, *T. oblonga* and *T. amazonia*. *A. acuminata* was the lowest drying time with 52 hours (Table 1). As a general rule, drying time increases with specific gravity (Tschermitz and Simpson 1977). However, a comparison of the specific gravity data with drying time, show one significant deviation from general rule. *V. guatemalensis* which has the lower specific gravity, it also has the lower MC; besides, *T. grandis* and *T. oblonga* are species with very different drying time. This behavior could be affected for many other factors as tyloses presence in the vessels, which interrupt the good circulation of the water in the wood (De Souza et al. 1975)

According with drying times, the average drying rate varied from 0.20 to 1.27 %/hours. The highest value of drying rate was *A. acuminata* and the lowest one was *S. macrophylla* (Table 1). For *A. magnium*,

*C. lusitanica*, *T. grandis*, *T. amazonia* and *T. oblonga* similar drying rate was obtained, the variation was from 0.27 to 0.40 %/hours. Three different drying rates can be established according with their values obtained: the first one, with highest values (over 0.70 %/hours), can be grouped *A. acuminata* and *V. guatemalensis*. The second one, with intermediate values (between 0.25 and 0.70 %/hours), were grouped *A. magnium*, *C. lusitanica*, *T. grandis*, *T. amazonia* and *T. oblonga*. For *A. acuminata* and *V. guatemalensis* are located in the third group, with drying rate over 0.70 %/hours (Fig. 2a)

As expected, the MC decreases with time (hours) and the relationships between MC and drying time was modulated by exponential relation (Eq. 1). Figure 2b, for example, shown the relationships between MC and drying time found in different kiln samples of *T. amazonia*. The “b” values in all kiln samples was -0.01 and “a” values varied from 53.65 to 87.56: The determination coefficient was presented individual samples, however when we considered the average of all samples the determination coefficient decreased to 0.86 (Fig. 2a).

$$MC = a * \varepsilon^{-t*b} \quad (1)$$

Where MC: moisture content, *t*: elapsed drying time and “a” and “b” are coefficients.

The “a” and “b” coefficients are estimated by linearization of equation (1), so can be written as:

$$\ln(MC) = \ln(a) - t * b \quad (2)$$

The table 2 shows coefficients of linearized model, its determination coefficients ( $R^2$ ) and empirical equation obtained for all fast growth species. *A. acuminata*, *T. grandis* and *T. oblonga* presented  $R^2$  over 90%, afterwards *C. lusitanica*, *S. macrophylla*, *T. amazonia* and *V. guatemalensis* varied their  $R^2$  from 0.80 to 0.87. The lowest value of  $R^2$  was found in *A. magnium*, due to high final MC obtained for wet pocket presence in kiln samples (Fig. 2c). The percentage of error in predicting time varied from 12.05 to 34.99%. *A. magnium*, *C. lusitanica*, and *V. guatemalensis* were with highest percentage. *A. acuminata*, *T. grandis*, *S. macrophylla*, *T. amazonia* and *T. oblonga* with values in error percentage varied from 12.04 and 24.60%. McMillen and Boone (1974) and De Souza et al. (1975) found 15.8% and 14.4% in the error values of the drying time for some tropical species. Therefore, the margin of error for *A. acuminata*, *T. grandis*, *S. macrophylla*, *T. amazonia* and *T. oblonga* for the drying time prediction is within the normal requirements for drying process.

Table 2. Coefficients of linearized model, determination coefficient and empirical equation for 8 fast growth species of Costa Rica.

Fast growth species	Coefficients of linearized model		Determination coefficients	Error (%)	Emperical equation
	b	Ln(a)			
<i>A. magnium</i>	-0.005**	4.794**	R <sup>2</sup> = 0.683	34.99	$y = 120.843e^{-0.005x}$
<i>A. acuminata</i>	-0.032**	4.392**	R <sup>2</sup> = 0.923	18.33	$y = 80.776e^{-0.032x}$
<i>C. lusitanica</i>	-0.009**	4.407**	R <sup>2</sup> = 0.841	31.86	$y = 82.026e^{-0.009x}$
<i>S. macrophylla</i>	-0.008**	3.900**	R <sup>2</sup> = 0.801	21.15	$y = 49.426e^{-0.008x}$
<i>T. grandis</i>	-0.011**	4.801**	R <sup>2</sup> = 0.966	14.34	$y = 121.575e^{-0.011x}$
<i>T. amazonia</i>	-0.010**	4.183**	R <sup>2</sup> = 0.837	24.60	$y = 65.530e^{-0.010x}$
<i>T. oblonga</i>	-0.007**	3.971**	R <sup>2</sup> = 0.911	12.05	$y = 53.232e^{-0.007x}$
<i>V. guatemalensis</i>	-0.012**	5.242**	R <sup>2</sup> = 0.868	31.66	$y = 189.076e^{-0.012x}$

\*\* Statistically significant to  $\alpha=0.01$

The drying time can be used as a criterion for grouping species. To test this criterion, it was compared "a" and "b" coefficients of linearized model (Fig. 3a). The "a" coefficient was same values for *S. macrophylla*, *T. amazonia* and *T. oblonga*, all of them with the lowest values. It was found not significant difference between *C. lusitanica* and *A. acuminata* and between *T. grandis* and *A. magnium* for "a" coefficient. The highest values were found for *V. guatemalensis* (Fig. 3a). Different "b" coefficient was found in *A. acuminata* and *V. guatemalensis*. Although, an intermediate group can be established with "b" values from -0.028 to -0.006, some differences among species were found (Fig. 3b). For example, *V. guatemalensis* was not statistically significant *T. grandis* but it was statistically different other species. And not significant difference was found between *C. lusitanica*, *S. macrophylla* and *T. amazonia*.

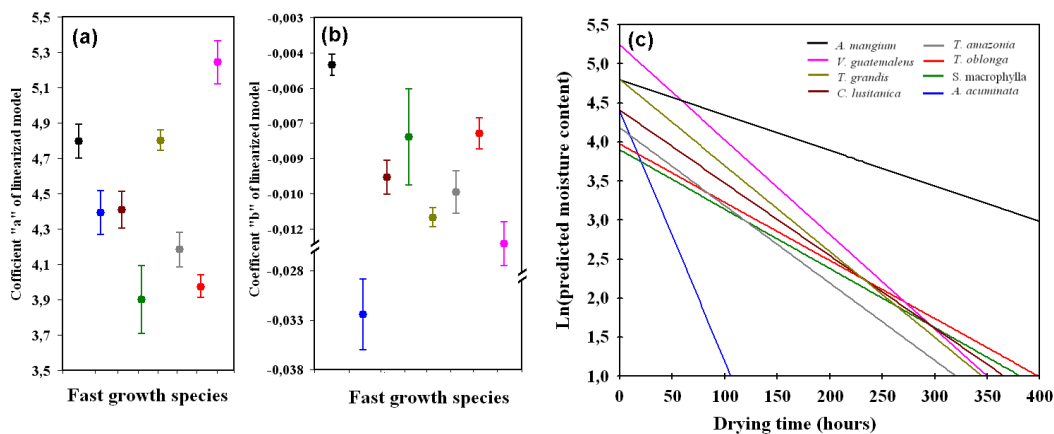


Figure 3. "a" and "b" values of linearized model (a and b) and regression slop of predicted drying time for different fast-growth plantation species (c).

Figure 3c represents the slope of predicted or linearized model as was described by Equation (2). A 5 group are possibly visualized: the first one is formed *A. magnium* only, and it is the longest drying time. *V. guatemalensis* (with moderate longer drying time) could be divided of rest of fast growth species because had different linearized model and can be collated in the second group. It had statistical differences between "a" and "b" coefficient and the rest specie (Fig. 3a and 3b). The third group is formed for *C. lusitanica* and *T. grandis*. However, according with "b" coefficients values, this value was higher in *T. grandis* than *C. lusitanica* (Fig. 3a), which could affect if they are group (Fig. 3b). The fourth group could be establish with 3 species: *S. macrophylla*, *T. amazonia* and *T. oblonga*. For example, found among species (Fig. 3a and 3b). The last group with a shortest drying time is colleted *A. acuminata* only (Fig. 3c).

### Conclusions

The fast growth species utilized in the reforestation in Costa Rica have different drying time. However, it possible groups some of them according drying time. Five groups were established from a longest and shortest drying time. The first and second group is collected *A. magnium* and *V. guatemalensis* respectively. In the third is set for *C. lusitanica* and *T. grandis*, the flowing group for: *S. macrophylla*, *T. amazonia* and *T. oblonga*. And last group with shortest drying time is compost for *A. acuminata*.

### References

- De Souza, A., Simpson, W.T., Verrill, S.P. 1995. Laboratory test for grouping tropical species for kiln drying. *Wood Science and Technology* 29-353-362.
- Jankowsky, I.P., Gonçalves, M. 2006. Review of wood drying resecas in Brazil: 1984-2004. *Drying Technology* 24: 455-2006.
- Mora F. 2002. La reforestación con especies nativas en Costa Rica: un recuento histórico. In Instituto de investigaciones y servicios forestales (INISIFOR) (eds). Memoria del Taller-seminario Especies forestales nativas, Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, Costa Rica, 4-5 Abril, 2002.
- Moya, R. 2004. Wood of *Gmelina arborea* in Costa Rica. *New Forests* 28(2-3): 299-317.
- Simpson, W.T., Baah, C.K. 1989. Grouping tropical wood species for kiln drying. Research Note FPL-RN-0256. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- Tchernitz, J.L., Simpson, W.T. 1977. Solar kiln: feasibility of utilizing solar energy for drying lumber in developing countries. FPL-AID-PASA TA (AG) 02-75. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.

MOYA, R., MUÑOZ, F., 2007. Propiedades de madera de especies nativas de rápido crecimiento utilizadas en la reforestación comercial en Costa Rica. In: INTA Concordia y Sánchez, M. Resúmenes de los trabajos de III congreso Iberoamericano de Productos Forestales (maderas y no madereros). 3-5 de julio de 2005. Puerto Madero- Buenos Aires-Argentina.

**Propiedades de especies nativas de rápido crecimiento utilizadas en la reforestación comercial en el Trópico de Costa Rica.**

**Róger Moya R.<sup>1</sup>  
Freddy Muñoz A.<sup>2</sup>**

**RESUMEN**

Actualmente el mercado e industria de la madera en Costa Rica se abastecen de una cantidad limitada tanto de especies de plantación como de bosque natural, ello motivó a plantar especies nativas que han tenido buen éxito en lo referente a su crecimiento y comportamiento en plantaciones. Especies como *Cordia alliodora*, *Terminalia amazonia*, *Alnus acuminata*, *Dipteryx panamensis*, *Virola koschnyi*, *Vochysia guatemalensis* y *Swetenia macrophyla* ya han sido utilizadas en programas de reforestación comercial. No obstante, a pesar de esta iniciativa, las primeras experiencias en los procesos de comercialización no han dado los resultados esperados, debido a que el consumidor de madera tropical asocia a la madera de plantación como una madera de baja a calidad o bien desconoce sus propiedades y su comportamiento en procesos industriales. El presente trabajo da a conocer las propiedades de algunas especies nativas creciendo en condiciones de rápido crecimiento, dadas las necesidades urgentes de certificar los posibles usos y aplicaciones de este tipo de madera en sectores como el de transformación primaria y secundaria.

Resultados obtenidos con *Alnus acuminata*, *Vochysia guatemalensis*, *Terminalia amazonia*, *Swetenia macrophyla* y *Terminalia oblonga* han mostrado que su madera tiene propiedades aceptables. La *V. guatemalensis* es la menor densidad y por tanto de menor resistencia, seguido del *A. acuminata*, *S. macrophyla*, *T. amazonia* y *T. oblonga*. Se estima que con la tecnología existente en Costa Rica para trozas de plantación es posible procesar, secar y preservar madera proveniente de trozas de raleo y por supuesto de las cosechas finales. Sin embargo, al comparar las propiedades de la madera de éstas mismas especies con madera de árboles de bosque natural, se encontró una variabilidad del color de la madera, por lo general es de un color más claro que la madera que proviene del bosque natural, una menor densidad, propiedades mecánicas más bajas y menor durabilidad natural, pero ventajas como mayor facilidad para preservar y secar.

---

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ingeniería Forestal, apartado 159-7050  
Cartago-Costa Rica. Email: [rmoya@itcr.ac.cr](mailto:rmoya@itcr.ac.cr)

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ingeniería Forestal, apartado 159-7050  
Cartago-Costa Rica. Email: [fmunoz@itcr.ac.cr](mailto:fmunoz@itcr.ac.cr)

VARGAS; C., CONEJO, M., MOYA, R., JIN, HA., 2008. An application of radiotracers in determining treated wood with boron preservative of fast growth plantation in Costa Rica. En. Leandro, L. (ed). Libro de Resúmenes II Taller Latinoamericano de Ensayos no destructivos en productos de madera. 2-4 de diciembre de 2008. San José – Costa Rica. p.53.

**NDT-23 Una aplicación de radiotrazadores en la determinación de madera preservada con boro para especies de rápido crecimiento en plantaciones de Costa Rica**

Celso Vargas, Escuela de Ciencias Sociales, Instituto Tecnológico de Costa Rica, P.O. Box: 159-7050, Cartago-Costa Rica, e-mail: celvargas@itcr.ac.cr

Mario Conejo, Escuela de Ingeniería de Materiales, Instituto Tecnológico de Costa Rica, P.O. Box: 159-7050, Cartago-Costa Rica, e-mail: mconejo@itcr.ac.cr

Róger Moya, Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, P.O. Box: 159-7050, Cartago-Costa Rica, e-mail: rmoya@itcr.ac.cr

Joon Ha Jin, International Atomic Energy Agency, Vienna, email: J-H.Jin@iaea.org

**RESUMEN**

La preservación de la madera al ataque de termitas y otros agentes biológicos es una de las actividades en la industria de la madera. La protección de la madera puede ser realizada por la introducción de algunos productos químicos (preservantes) con propiedades de toxicas para los organismos. Un importante tema de investigación es el desarrollo de nuevos métodos para preservar eficazmente la madera a los largo del tiempo en un camino de larga duración. Otros de los propósitos de la industria es de desarrollar nuevos métodos de cuantificación de la cantidad de preservante absorbido a través de los poros y otros procesos dinámicos cuando la pieza de madera es preservada, y de esta manera asegurar la durabilidad de la madera.

La aplicación de radio trazadores de baja energía y con periodo de bajo vida, tal como el tecnecio-99, son métodos importante para registrar la cantidad de preservante absorbido por la madera. En la presente trabajo reporta los resultados de varias pruebas realizadas en el Laboratorio de Ensayos no destructivos en Madera del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Fue posible comprobar que existe correlación entre la retención y absorción del presente y el número de cuentas del Tecnecio-99.

**Palabras clave:** Madera tropical, pruebas no destructivas, Tecnecio 99, Cuentas y radio trazadores.

# **TECNOLOGÍA DE MADERA DE PLANTACIONES FORESTALES: FICHAS TÉCNICAS**

**Editores: Roger Moya Roque  
Nancy Gamboa Badilla**

**Marzo 2009**

## **COLABORADORES**

En el siguiente informe cada capítulo de cada una de las fichas fue elaborado por los siguientes autores

**Róger Moya Roque**

Capítulo 8. Desempeño y calidad de aserrío de la madera

**Róger Moya Roque y Edwin Esquivel Segura**

Capítulo 1. Aprovechamiento de plantaciones

**Róger Moya Roque y Carlos Olivares Gutiérrez**

Capítulo 2. Transporte y durabilidad de trozas  
Capítulo 3. Descripción general y macroscópica de la madera  
Capítulo 4. Descripción microscópica de la madera  
Capítulo 5. Propiedades físicas de la madera  
Capítulo 7. Propiedades químicas de la madera  
Capítulo 9. Secado al aire de la madera  
Capítulo 11. Preservación de la madera

**Róger Moya Roque, Carlos Olivares Gutiérrez y Erika Ureña Parada**

Capítulo 10. Secado al horno de la madera

**Freddy Muñoz Acosta, Róger Moya Roque, Adrián Gutiérrez Hernández**

Capítulo 6. Propiedades mecánicas de la madera

**Alexander Berrocal Jiménez, Laura Leandro Zúñiga y Roger Moya Roque**

Capítulo 12. Durabilidad de la madera

**Cynthia Salas Garita**

Capítulo 13. Trabajabilidad de la madera

# Acacia

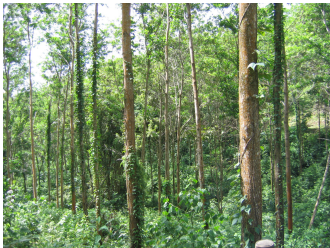
---

Nombre científico	Familia
<i>Acacia mangium</i> Willd.	Fabaceae

---

## 1. Aprovechamiento de plantaciones

Característica	Descripción
Facilidad de corte	Es moderadamente fácil de cortar, es una madera de densidad media. La copa muy desarrollada puede afectar el momento de decidir para direccionar la caída del árbol.
Caída natural	Los árboles son rectos, algunos casos se presentan bifurcaciones y copa bastante desarrollada, por lo que no presenta una caída natural bien definida.
Cambio de dirección de caída	Es fácil dirigir la caída del árbol o dar un cambio en la dirección de caída con el fin de evitar la caída en zonas inapropiadas.
Desafilado de sierras	No se producen desafilado excesivo de las herramientas de corte, es considera normal para la dureza de la madera. No se presentan problemas relacionados sustancias que se adhieran en los dientes o cuerpos de las sierras y que afecten su desempeño en el corte.
Susceptibilidad a quebrantaduras	Aunque no se presentan problemas con quebraduras del fuste, se debe tener especial cuidado ya que esta especie tiende a rajarse en sentido longitudinal.
Fisonomía del fuste	En general son árboles rectos y de una forma cilíndrica muy regular, aunque en la primera troza se presentan algún grado de conicidad.
Trozaz por árbol	Por su buena forma de fuste del árbol, es posible extraer de un árbol una cantidad de trozas que puede variar entre 3 y 6 trozas dependiendo de la edad del árbol, sin embargo al presentarse bifurcaciones esta cantidad disminuye notablemente.
Frecuencia de ramas	En una especie que se maneja intensamente las ramas en edades tempranas, por lo que se presentan poca frecuencia en la parte baja del árbol. En la parte superior la abundancia es mayor, pero de poco diámetro, siendo esta frecuencia de 2-5 ramas/metro lineal de troza.
Operación de desrame	Es rápida debido a la poca abundancia de ellas en la parte baja, pero en la parte alta del fuste se presentan mayor cantidad pero de poco diámetro, que si permite eliminar rápidamente las ramas.



Plantación de acacia de 9 años de edad con poco control de maleza en la región del Pacífico Central



Corte de árboles de segundo raleo



Operación de despunte del árbol en la altura comercial

## 2. Transporte y durabilidad de trozas

Característica	Descripción
Troceo	Es una operación de moderado facilidad de ejecución ya que esta especie presenta alto peso por troza o fuste, en especial árbol gruesos, por lo que se hace necesario el uso de ganchos u otros aditamentos de aprovechamiento para movilizar las trozas.
Acarreo	El transporte de las trozas de diámetro medio (menor a 20 cm) al sitio de acopio se puede realizar por medio de la fuerza humana, luego de ello es necesario utilizar otros equipos o bien fuerza animal para el acarreo. Las trozas de 2,5 m de largo, de 20 cm de diámetro promedio y su densidad en condición en verde de 1060 kg/m <sup>3</sup> , poseen un peso aproximado de 84 kg. En el transporte por fuerza humano es necesario tener cuidado con la corteza ya que es muy rugosa.
Apilado	Las trozas tiene poca facilidad de acomodo, ya que la corteza de las troza son rugoso y no permite el desplazamiento entre una y otra. Nos obstante, su excelente rectitud y forma en el diámetro facilidad esta operación. Las trozas gruesas y en especial de la parte inferior de los árboles la operación es más difícil debido a su conicidad y elevado peso.
Durabilidad de trozas	Las trozas dejadas dentro de la plantación o en sitios de acopio son de buena durabilidad, puede soportar hasta 6 meses en el patio o dentro de la plantación, sin embargo la parte de la albura es rápidamente atacada por insectos que inician en la corteza y pueden ser notados por la presencia de orificios pequeños llenos de polvo blanco. En algunos casos la parte de la albura puede ser atacada por insectos.



Troceo de árbol de acacia con 4 trozas por árbol de 9 años



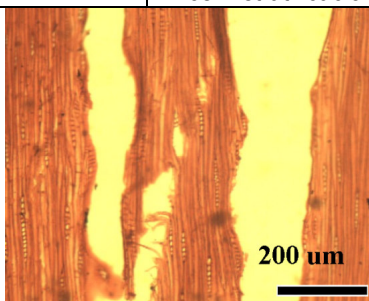
Corteza rugosa afectando el transporte con fuerza humana



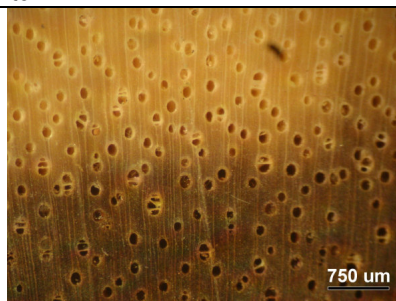
Trozas de acacia apilada. Observe la cantidad de duramen presente

### 3. Descripción general y macroscópica de la madera

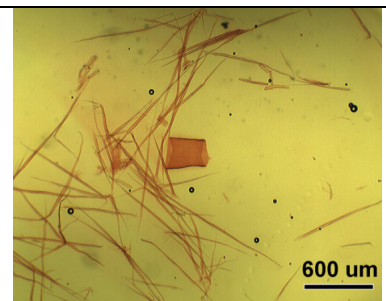
Descripción	Detalle
General	<p><i>Color:</i> existe marcación entre albura y duramen tanto en la condición verde como en la condición seca. En estado seco al aire el color del duramen se torna café oliva claro (10YR 5/3 a 10YR 5/4) y el albura color amarillo pálido (2,5Y 8/3). <i>Textura:</i> de mediana a gruesa. <i>Olor:</i> imperceptible. <i>Sabor:</i> Imperceptible o indistintivo. <i>Brillo:</i> brillante. <i>Veteado:</i> líneas y tipo de manchas café oscuras. <i>Tipo de grano:</i> ondulado y poco de tipo entrecruzado. <i>Anillos de crecimiento:</i> existe poca marcación de anillos de crecimiento. <i>Densidad de la madera:</i> en la condición seca al aire la madera es moderadamente liviana con densidad de 0,531 g/cm<sup>3</sup>.</p>
Macroscópica	<p><i>Vasos:</i> ligeramente visibles a simple vista y de tamaño medio con aumento de 10X, porosidad difusa, la distribución de vasos tipo oblicuo o diagonal. Poros solitarios y se observan pocos poros de 2-3 células en sentido radial. <i>Sustancias presentes en vasos:</i> no se observan. <i>Parénquima axial:</i> ligeramente visible a simple vista pero visible con aumento de 10X es fácilmente observable, paratraqueal vasicéntrico escaso, unilateral y confluyente. <i>Parénquima radial:</i> no visible a simple pero visibles con aumento de 10X de tamaño finos. <i>Estratificación ausente.</i></p>



Corte tangencial longitudinal


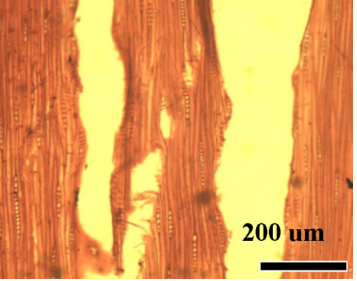
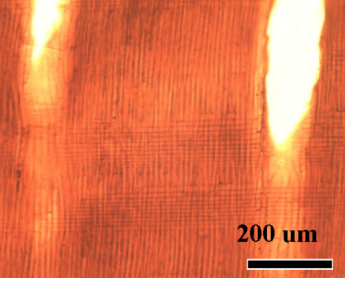


Corte transversal macroscópico



Fibra, parénquima y vaso

#### 4. Descripción microscópica de la madera

Descripción microscópica	Detalle	
Vasos	<p><i>Porosidad</i>: difusa. <i>Distribución</i>: oblicua o diagonal. <i>Agrupamiento</i>: poros solitarios, promedio 78,54% (75 - 84,62) y pocos poros múltiples de 3 células en sentido radial. <i>Frecuencia</i>: vasos poco numerosos, promedio de 8,75 (6,34 - 11,13) poros/mm<sup>2</sup>. <i>Largo</i>: pequeños, promedio 186,18 (254,28 - 103,92) μm. <i>Diámetro</i>: mediano, promedio 124,96 (90,54–150,68) μm. <i>Paredes helicoidales</i>: ausentes. <i>Apéndices</i>: tamaño medio presentes en ambos extremos. <i>Placa de perforación</i>: simple. <i>Gomas</i>: pocas. <i>Presencia de cristales</i>: no se observa. <i>Puntuaciones inter-vasculares</i>: alternas, de diámetro pequeño, hexagonales y aeroladas, sin presencia de ornamentaciones, promedio 2,68 μm (2,21 - 3,33). <i>Puntuaciones radio-vasculares</i>: borde distinto, similar en forma y tamaño a las inter-vasculares, a través de la célula de los radios, sin presencia de ornamentaciones. <i>Puntuaciones parénquima-vasculares</i>: borde distinto, similar en forma y tamaño a las inter-vasculares, a través de la célula de los radios, sin presencia de ornamentaciones.</p>	
Fibras	<p><i>Estratificación y septos</i>: ausente. <i>Puntuaciones</i>: simples a diminutas, aeroladas distintas. <i>Presencia de cristales</i>: ausente. <i>Dimensiones</i>: de longitud corta, con un promedio de 0,83 (0,55-1,12) mm, con diámetro de 15,07 (10,73-21,80) μm, espesor de pared delgada de 2,72 (1,19-3,51) y diámetro del lumen de 9,63 (6,83-15,44) μm.</p>	
Parénquima radial	<p><i>Tipo</i>: uniseriado. <i>Dimensiones</i>: 10,2 (4-18) células en altura, radios con altura de 103,51 μm (44,40-141,48), ancho de 4,40 (2,96-5,92) μm. <i>Frecuencia</i>: poca, de 2,38 (0,97-3,86) radios/mm. <i>Tipo de células</i>: homocelulares compuestos de células procumbentes. <i>Presencia de cristales</i>: ausentes.</p>	
Parénquima axial	<p><i>Tipo</i>: presencia de parénquima paratraqueal vasicéntrico escaso, aliforme, confluyente, losangular y unilateral en alas cortas. Con 1-4 células por filamento de tipo fusiforme. <i>Estratificación</i>: ausentes. <i>Presencia de cristales</i>: prismáticos o romboidales en cámaras en el parénquima axial.</p>	
		
Corte transversal	Corte tangencial-longitudinal	Corte radial-longitudinal

## 5. Propiedades físicas de la madera

Propiedades físicas	Condición
Densidad	Verde: 1,06 g/cm <sup>3</sup> (0,05 / 4,63) Seca al aire: 0,60 g/cm <sup>3</sup> (0,21 / 35,16) Seca al horno: 0,57 g/cm <sup>3</sup> (0,21 / 36,86)
Peso específico	Básico: 0,45 (0,04 / 9,12) Seco al aire: 0,55 (0,20 / 35,59) Seco al horno: 0,57 (0,21 / 36,86)
Contenido de humedad inicial	Verde: 134,96 % (19,61 / 14,53)
Capacidad calórica	Verde a 184%: 5821 KJ/kg (442 / 7,59) Seco a 12%: 16423 KJ/kg (1449 / 8,82)
Contracción radial	Verde al 12% (normal): 0,79 % (0,20 / 25,59) Verde al 0% (total): 2,59 % (0,42 / 23,49)
Contracción tangencial	Verde al 12% (normal): 1,93 % (0,21 / 11,13) Verde al 0% (total): 4,40 % (0,42 / 9,45)
Contracción volumétrica	Verde al 12% (normal): 11,13 % (2,88 / 25,88) Verde al 0% (total): 13,24 % (2,33 / 17,60)
Razón contracción T/R	Verde al 12% (normal): 2,52 (0,46 / 18,37) Verde al 0% (total): 1,78 (0,41 / 23,00)

### Notas:

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los números entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación.

T/R: relación contracción tangencial / contracción radial

## 6. Propiedades mecánicas de la madera

Propiedades mecánicas	Condición
Esfuerzo máximo compresión paralela a la fibra	Verde: 319,00 kg/cm <sup>2</sup> (36,22 / 11,35 ) Seca: 348,86 kg/cm <sup>2</sup> (110,36 / 31,63)
Esfuerzo máximo compresión perpendicular a la fibra	Verde: 292,98 kg/cm <sup>2</sup> (46,90 / 16,01 ) Seca: 228,57 kg/cm <sup>2</sup> (56,39 / 24,67 )
Esfuerzo máximo tensión paralela a la fibra	Verde: 843,36 kg/cm <sup>2</sup> (235,86 / 27,97 ) Seca: 912,00 kg/cm <sup>2</sup> (205,63 / 22,55 )
Flexión estática (1 carga)	Modulo de Ruptura (MOR) Verde: 663,25 kg/cm <sup>2</sup> (72,24 / 0,11 ) Seca: 815,50 kg/cm <sup>2</sup> (99,69 / 12,62)
	Modulo de elasticidad (MOE)*1000 Verde: 122,99 kg/cm <sup>2</sup> (17503,20 / 0,14 ) Seca: 125,62 kg/cm <sup>2</sup> (12671,01 / 10,09)
Esfuerzo máximo cortante paralela a la fibra	Sentido tangencial Verde: 77,67 kg/cm <sup>2</sup> (8,27 / 10,65) Seca: 96,99 kg/cm <sup>2</sup> (9,72 / 10,02)
	Sentido radial Verde: 82,58 kg/cm <sup>2</sup> (50,03 / 60,59 ) Seca: 93,68 kg/cm <sup>2</sup> (12,47 / 13,31)
Esfuerzo máximo tensión perpendicular a la fibra	Sentido tangencial Verde: 31,36 kg/cm <sup>2</sup> (10,23 / 32,63 ) Seca: 32,27 kg/cm <sup>2</sup> (8,98 / 27,82)
	Sentido radial Verde: 28,60 kg/cm <sup>2</sup> (3,61 / 12,63 ) Seca: 28,49 kg/cm <sup>2</sup> (8,19/ 28,77)

**Notas:**

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los números entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación  
18 muestras ensayadas por c/propiedad mecánica

## 6. Propiedades mecánicas (continuación)

Propiedades mecánicas	Condición
Esfuerzo máximo clivaje	Sentido tangencial Verde: 8,92 kg/cm <sup>2</sup> (1,99 / 22,27) Seca: 4,83 kg/cm <sup>2</sup> (1,32 / 27,36)
	Sentido radial Verde: 8,94 kg/cm <sup>2</sup> (2,54 / 28,83) Seca: 4,37kg/cm <sup>2</sup> (1,37 / 31,35)
Dureza Janka	Sentido axial Verde: 322,90 kg (71,80 / 22,01) Seca: 379,65 kg (81,63 / 21,50)
	Sentido lateral Verde: 301,76 kg (77,10 / 25,55) Seca: 308,29 kg (132,75 / 43,06)
Extracción de clavos	Sentido axial Verde: 43,99 kg (7,02 / 15,95) Seca: 22,29 kg (7,09 / 31,82)
	Sentido lateral Verde: 33,21 kg (6,39 / 19,25) Seca: 33,12 kg (10,80 / 32,60)

Notas:

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los número entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación

18 muestras ensayadas por c/propiedad mecánica

## 7. Propiedades químicas de la madera

Propiedades químicas	Composición	
Composición global	Holocelulosa	% ()
	Lignina	% ()
	Cenizas	0,582 % (0,09 / 14,61)
	Silice	0,50 ppm (0,84 / 97,05)
Análisis químico elemental	Nitrógeno	0,30 (0,03 / 0,08)
	Fósforo	0,01 (0,00 / 0,00 )
	Calcio	0,12 (0,02 / 0,17)
	Magnesio	0,02 (0,01 / 0,35)
	Potasio	0,05 (0,02 / 0,40)
	Azufre	0,01 (0,00 / 0,00)
Análisis químico elemental	Hierro	168,67 (103,91 / 0,62)
	Cobre	1,00 (0,00 / 0,00)
	Zinc	6,67 (1,15 / 0,17)
	Manganeso	9,00 (4,58 / 0,51)
	Boro	3,00 (1,00 / 0,33)
Solubilidades	NaOH (al 1%)	13,21% (1,17 / 8,86)
	H2O caliente	2,45 % (0,87 / 35,38)
	H2O fría	2,01% (0,93 / 46,60)
	Diclorometano	3,25 % (1,14 / 36,06)
	Tolueno-alcohol	0,95 % (0,43 / 45,44)
pH	5,66 (0,13 / 2,32)	

Nota:

Los números entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación

## 8. Desempeño y calidad de aserrío de la madera

Aserrío	Descripción												
Desempeño en aserrío	Se presenta alta incidencia de tensiones de crecimiento en las trozas, provocando que la madera aserrada sea obtenida con torceduras, este problema se acentúa en madera de árboles jóvenes. Durante el aserrío no se produce desafilado excesivo de las sierras, permitiendo que las sierras de corte se utilicen normalmente. Además, es frecuente encontrar que se produzcan grietas por cabeza en las trozas.												
Calidad de la madera	En el proceso de aserrío de trozas provenientes de plantaciones forestales, se producen problemas relacionados con las torceduras y rajaduras de las tablas, debido a la presencia de tensiones de crecimiento y medula respectivamente. Luego del proceso de aserrío, se encontraron grietas en el 36% de las tablas (longitud media de 2,18 cm), rajaduras en el 84% (longitud media de 3,13 cm), no fue encontrado acanalado en madera de 7,5 cm de ancho. El 90,91% de las tablas presenta arqueduras (14,32 mm de flecha), el 69,70% encorvadura (6,55 mm de flecha) y el 9,85% aladeo (promedio de 0,37 mm).												
Rendimiento de la madera	Debido a la excelente forma que presenta la acacia, el rendimiento puede superar el 50% cuando las trozas son aserradas a lo ancho. En trozas de menores dimensiones el rendimiento disminuye. La siguiente tabla muestra los rendimientos esperados para los diferentes rangos diamétricos. <table border="1" data-bbox="711 674 1166 863"> <thead> <tr> <th data-bbox="711 674 938 709">Diámetro (cm)</th> <th data-bbox="938 674 1166 709">Rendimiento (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="711 709 938 737">15-20</td> <td data-bbox="938 709 1166 737">25-35</td> </tr> <tr> <td data-bbox="711 737 938 764">20-25</td> <td data-bbox="938 737 1166 764">30-40</td> </tr> <tr> <td data-bbox="711 764 938 791">25-30</td> <td data-bbox="938 764 1166 791">40-50</td> </tr> <tr> <td data-bbox="711 791 938 819">30-35</td> <td data-bbox="938 791 1166 819">45-55</td> </tr> <tr> <td data-bbox="711 819 938 863">Mayor a 35 cm</td> <td data-bbox="938 819 1166 863">50-65</td> </tr> </tbody> </table>	Diámetro (cm)	Rendimiento (%)	15-20	25-35	20-25	30-40	25-30	40-50	30-35	45-55	Mayor a 35 cm	50-65
Diámetro (cm)	Rendimiento (%)												
15-20	25-35												
20-25	30-40												
25-30	40-50												
30-35	45-55												
Mayor a 35 cm	50-65												



Presencia frecuente de grietas por cabeza en trozas de acacia



Liberación de tensiones de crecimiento durante el aserrío de trozas, mostrado por la abertura entre la tabla y la troza



Recuperación de costillas con sierra circular en un aserradero

## 9. Secado al aire de la madera

Parámetro	Descripción																												
Clasificación	La acacia proveniente de plantaciones jóvenes se considera de rápido secado, espesores menores a 7,5 cm tienen tiempos de secado inferiores a 100 días. Sin embargo, al compararla con otras especies de plantación, al igual que melina y cebo, es de lento secado.																												
Tiempo de secado	<p>La madera de acacia presenta una razón de secado que oscila entre 1.40 a 3.00%/día y tiempos para alcanzar el 20% de contenido de humedad entre 21 y 42 días para los diferentes espesores, siendo los tiempos menores al disminuir el espesor de la pieza de madera. La siguiente tabla muestra los diferentes parámetros de secado al aire para acacia de diferentes espesores.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Espesor (cm)</th> <th>Chi (%)</th> <th>Número de días*</th> <th>Razón de secado (%/día)**</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,2</td> <td>83.02</td> <td>21</td> <td>3.00</td> </tr> <tr> <td>2,5</td> <td>80.97</td> <td>30</td> <td>2.03</td> </tr> <tr> <td>3,8</td> <td>80.23</td> <td>35</td> <td>1.72</td> </tr> <tr> <td>5,0</td> <td>77.44</td> <td>38</td> <td>1.51</td> </tr> <tr> <td>6,2</td> <td>80.09</td> <td>40</td> <td>1.50</td> </tr> <tr> <td>7,5</td> <td>78.97</td> <td>42</td> <td>1.40</td> </tr> </tbody> </table> <p>**Contenido de humedad inicial (Chi) / *Número de días para alcanzar 20% de CH</p>	Espesor (cm)	Chi (%)	Número de días*	Razón de secado (%/día)**	1,2	83.02	21	3.00	2,5	80.97	30	2.03	3,8	80.23	35	1.72	5,0	77.44	38	1.51	6,2	80.09	40	1.50	7,5	78.97	42	1.40
Espesor (cm)	Chi (%)	Número de días*	Razón de secado (%/día)**																										
1,2	83.02	21	3.00																										
2,5	80.97	30	2.03																										
3,8	80.23	35	1.72																										
5,0	77.44	38	1.51																										
6,2	80.09	40	1.50																										
7,5	78.97	42	1.40																										
Calidad del secado	<p><i>Grietas y rajaduras:</i> susceptible a producir grietas y rajaduras en los extremos de las tablas, principalmente en la médula y en la región próxima a esta. Los defectos de pandeos (arqueadura, acanalado, encorvadura o aladeo) son frecuentes, se acentúan en madera joven o de la parte interna de los árboles. Puede convertirse en un problema severo si no se apila apropiadamente.</p> <p><i>Colapso:</i> es frecuente encontrar este defecto en madera, en algunas piezas el problema es severo.</p> <p><i>Manchas:</i> la madera de la albura tiende a mancharse de color negro si no se protege de la lluvia.</p>																												



Madera en condición verde inmediatamente después del aserrío



Muestras de control de humedad en una pila de secado al aire



Reventaduras en madera luego del secado al aire

## 10. Secado al horno de la madera

Clasificación	Descripción	Programa de secado recomendado																																																									
Clasificación	Es considerado de moderado a lento secado y con serios problemas en rajaduras, grietas, torceduras, pandeos y calapso.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etapa</th> <th>T (°C)</th> <th>CHE</th> <th>HR (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">Calefacción</td> <td>39</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>15.8</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>42</td> <td>15.7</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>48</td> <td>12.7</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>48</td> <td>12.7</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td rowspan="10">Secado</td> <td>48</td> <td>11.5</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>48</td> <td>11.5</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>48</td> <td>10.6</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>10.5</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>54</td> <td>9.8</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>54</td> <td>9.8</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>8.5</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Igualización</td> <td>60</td> <td>8.0</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Acondicionamiento</td> <td>62</td> <td>7.6</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Enfriamiento</td> <td>30</td> <td>7.6</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>				Etapa	T (°C)	CHE	HR (%)	Calefacción	39	-	-	40	15.8	-	42	15.7	55	48	12.7	50	48	12.7	45	Secado	48	11.5	40	48	11.5	35	48	10.6	30	50	10.5	25	54	9.8	20	54	9.8	15	60	8.5	12	Igualización	60	8.0	12	Acondicionamiento	62	7.6	-	Enfriamiento	30	7.6	-
Etapa	T (°C)	CHE	HR (%)																																																								
Calefacción	39	-	-																																																								
	40	15.8	-																																																								
	42	15.7	55																																																								
	48	12.7	50																																																								
	48	12.7	45																																																								
Secado	48	11.5	40																																																								
	48	11.5	35																																																								
	48	10.6	30																																																								
	50	10.5	25																																																								
	54	9.8	20																																																								
	54	9.8	15																																																								
	60	8.5	12																																																								
	Igualización	60	8.0	12																																																							
	Acondicionamiento	62	7.6	-																																																							
	Enfriamiento	30	7.6	-																																																							
Tiempo de secado	Madera de 2,54 cm de espesor con un contenido de humedad inicial de 134,49% presenta un tiempo de secado de 476 horas para llegar al 12,00%, lo que significa una velocidad de secado de 0,27%/hora, incrementando y disminuyendo este tiempo con el aumento o decrecimiento del espesor de la madera, respectivamente.																																																										
Calidad del secado	Las rajaduras o grietas ocurren alrededor del 20% de las piezas luego del secado, sin embargo esta no alcanzan longitudes superior a 2 cm. En cuanto a la arqueadura por el secado se tiene que no aumenta ni disminuye o aparece en nuevas tablas por el secado. El defecto de aladeo en la madera seca, y las piezas que presentaban este defecto antes del secado incrementa ligeramente. La encorvadura y acanalado de incrementa en la madera seca.	<p>T: Temperatura (°C)            CHE: Contenido de Humedad en Equilibrio (%)            HR: Humedad Relativa (%)            Fuente: se combino programas T2-D4 (modificado) y T6-D2 establecido por Sydney et al. (1988).</p>																																																									



Madera de acacia apilada antes del proceso de secadora convencional



Localización de las sondas de control de humedad en la madera



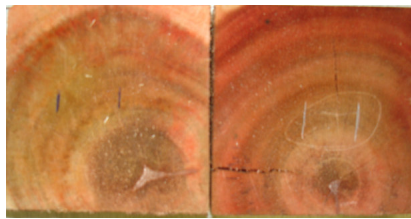
Reventaduras asociadas al secado de la madera

## 11. Preservación de la madera

Preservación	Descripción														
Tratamiento de difusión	<p>La madera preservada sin presión solamente utilizando la inmersión-difusión con sales de boro, se obtiene una penetración total del preservante en la madera en los diferentes espesores de tabla. La madera preservada por este método es recomendable para uso de interiores (sin incidencia de agua). La siguiente tabla muestra el tiempo de difusión recomendado de esta especie para alcanzar una penetración del 100%.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Espesor (cm)</th> <th>Tiempo difusión (días)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,2</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>2,5</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>3,8</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>5,0</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>6,2</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>7,5</td> <td>39</td> </tr> </tbody> </table>	Espesor (cm)	Tiempo difusión (días)	1,2	17	2,5	21	3,8	25	5,0	28	6,2	31	7,5	39
Espesor (cm)	Tiempo difusión (días)														
1,2	17														
2,5	21														
3,8	25														
5,0	28														
6,2	31														
7,5	39														
Tratamiento a presión	<p>Con el tratamiento a presión, se logra una penetración parcial vascular en la albura, mientras que en el duramen la penetración es nula. La absorción del preservante en la madera es de 119,5 litros/m<sup>3</sup> y la retención es de 2,4 kg/m<sup>3</sup>. La madera preservada con el método vacío-presión (preservante Wolmanit CX-10®), que se clasifica como riesgo Clase 1, se recomienda para uso bajo techo y constantemente seca.</p>														



Madera preservada con boro, el rojo intenso indica la penetración del preservante y una alta retención



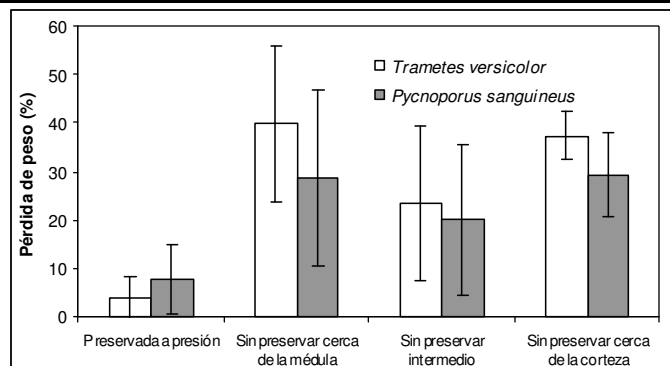
Madera preservada con boro, la poca tonalidad de rojo indica la penetración y baja retención del preservante



Penetración nula en madera de duramen (el color azul indica la penetración del preservante)

## 12. Durabilidad de la madera

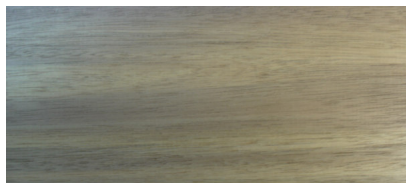
Tipo de ataque	Descripción
Hongos	Según ensayos de durabilidad natural, realizados bajo la norma ASTM D 2017-84 (1994) y utilizando los hongos <i>Trametes versicolor</i> y <i>Pycnoporus sanguineus</i> (estándares internacionales para este tipo de ensayo), la madera de acacia <i>preservada a presión con CCA</i> , se clasifica como altamente resistente al ataque del hongo <i>T. versicolor</i> y <i>P. sanguineus</i> . Mientras que la <i>madera sin preservar</i> cercana a la médula se clasifica como moderadamente resistente con los dos hongos de prueba. Para la madera picada al 50% de la distancia entre la médula y corteza la clasificación con ambos hongos es de resistente. Finalmente, la madera obtenida cercana a la corteza, se clasifica como moderadamente resistente al ataque de ambos hongos.
Insectos	La acacia es poco resistente al ataque de termitas de madera seca y húmeda cuando se trata de madera de albura, pero la madera duramen es resistente a este ataque de insecto. La madera de árboles adultos es más resistente al ataque de termitas, sin embargo es considerada de moderada resistente. Para aumentar la resistencia al ataque de estos insectos es necesario preservar la madera con sales de boro o con CCA.



La figura muestra la pérdida de peso en porcentaje de *Acacia* por ataque del hongo *T. versicolor*, en madera preservada a presión y madera sin preservar proveniente de tres posiciones distintas dentro del árbol. Se puede observar que la madera sin preservar presenta pérdidas de peso en un 40%, 23% y 37%, para la posición cercana a la médula, intermedia y cercana a la corteza respectivamente, mientras que la preservada a presión presentó un valor de 4%. En el caso del hongo *P. sanguineus* la madera sin preservar tuvo el valor más bajo de pérdida de peso (8%), mientras que las posiciones cercanas a la médula y la corteza obtuvieron un valor de 29% y la intermedia de 20%.

### 13. Trabajabilidad de la madera

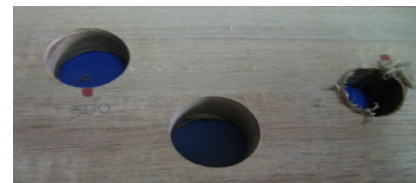
Operación	Descripción
Cepillado	<p><i>Clasificación:</i> excelente, la superficie libre de defecto por cepillado alcanza un 90% del área si se utilizan velocidades de alimentación bajas con ángulos de ataque de 30° ó de 15°. Cuando la velocidad de alimentación es mayor a 20 m/min la superficie libre de daño podría llegar a 70%, pues empiezan a presentar algún grado de vellosidades.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> lo más frecuentes son el grano vellosos y arrancado, de tipo leve (hasta 25% de la superficie), su profundidad no es mayor a 0,5 mm. Otro defecto es la presencia de fibras levantadas que ocasionan un desafilado rápido en las cuchillas.</p> <p><i>Recomendación:</i> Se recomienda velocidades de avance bajas, como por ejemplo 6 m/min. Al aumentar la velocidad de avance aparece el grano vellosos. Por el desafilado que se pueda presentar es necesario supervisar el filo en las cuchillas.</p>
Lijado	<p><i>Clasificación:</i> de muy difícil lijado, el polvo que se desprende es como una fibra, Sin embargo, a pesar de este problema ocurre poco embotamiento de la lija. La superficie resultante es de muy buena calidad porque los defectos del cepillado son casi inexistentes.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> presenta grano vellosos muy leve y marcas de lija.</p> <p><i>Recomendación:</i> siempre es importante utilizar la lija # 60 para eliminar los defectos del cepillado y la lija de grano superior a 100 para lograr superficies de buena calidad.</p>
Taladrado	<p><i>Clasificación:</i> es muy lenta la penetración de la broca para madera pero con una calidad excelente en la superficie. Con la broca para metal el orificio es logrado rápidamente pero con defectos (grano levantado) en la superficie taladrada.</p> <p><i>Defectos:</i> con broca para madera se presentan pocos defectos en el ingreso y salida de esta. Con broca para metal la superficie taladrada presenta grano arrancado en un 75%.</p> <p><i>Recomendación:</i> Utilizar broca para madera para aumentar la eficiencia en la penetración del taladro se recomiendan revoluciones superiores a 1000 rpm.</p>



Superficie cepillada de buena calidad obtenida en acacia



Presencia de grano levantado muy fino durante el lijado



Calidad de los orificios obtenidos en el taladrado con broca de madera

### 13. Trabajabilidad de la madera (continuación)

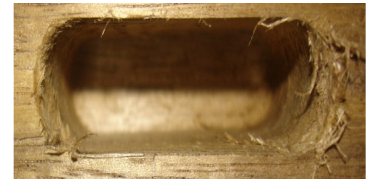
Operación	Descripción
Moldurado	<p><i>Clasificación:</i> la calidad del moldurado que se obtiene en esta especie es muy buena.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> se presenta de manera discontinua y escasa una vellosidad fina.</p> <p><i>Recomendación:</i> esta operación es completamente posible para este tipo de madera.</p>
Escopleado	<p><i>Clasificación:</i> la calidad del escopleado en esta especie es muy buena, pero mucha cantidad de fibra se desprende en el borde del orificio.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> Gran cantidad de fibras desprendidas en el borde del orificio.</p> <p><i>Recomendación:</i> Apta para este tipo de trabajo en todos los cortes, sin embargo posteriormente se debe eliminar la fibra desprendida en los bordes.</p>
Torneado	<p><i>Clasificación:</i> de buena calidad cuando se introduce la gubia de forma horizontal y de regular calidad cuando la gubia ingresa inclinada.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> cuando la gubia ingresa horizontalmente las fibras se desprenden levemente en el borde entre lo torneado y lo no torneado. Cuando la gubia ingresa inclinada ese desprendimiento de fibra es abundante. En ambos casos hay dificultad para que la gubia corte pero esa dificultad es mayor cuando la gubia se inclina, siendo la penetración casi nula. Las gubias se desafilan con gran facilidad.</p> <p><i>Recomendación:</i> es indispensable que durante la operación de torneado la gubia ingrese en posición horizontal. Además, constantemente se debe afilar las gubias.</p>



Calidad de la superficies generada durante el torneado en acacia



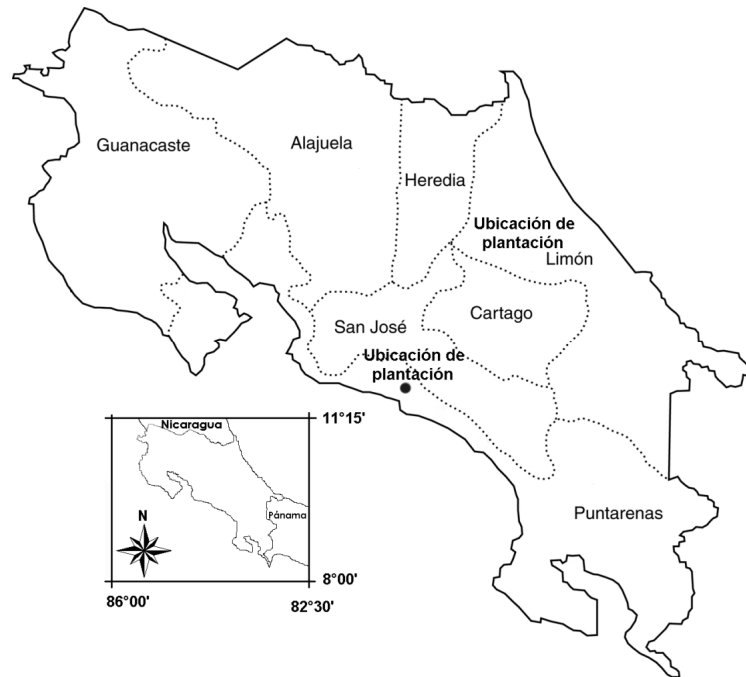
Moldura de excelente calidad en acacia



Fibra desprendida en el borde del orificio escopleado

#### 14. Procedencia del material

El material fue recolectado de una plantación ubicada en la localidad de la Unión de Parrita provincia de Puntarenas (N 08 56' 35.3"-W 84° 40' 28.1") propiedad de la empresa Ganadera Barsa S.A. Las trozas utilizadas correspondían a un segundo raleo a la edad de 9 años. La plantación fue plantada a una densidad inicial de 1100 árboles hectárea (espaciamento de 3 x 3 m), y a la edad de 4 años fue aplicado un raleo del 50% de los árboles existentes. Las condiciones del muestreo fueron de: densidad de plantación de 556 árboles hectárea<sup>-1</sup>, altura comercial de 17,1 metros y diámetro altura del pecho de 20,5 cm.



Ubicación geográfica de la plantación de acacia de 10 años de edad en la localidad de Parrita Puntarenas, Costa Rica.

# Jaúl

---

Nombre científico	Familia
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Betulaceae

---

## 1. Aprovechamiento de plantaciones

Característica	Descripción
Facilidad de corte	En sitios planos se recomienda el corte tipo dirección abierta, conocido como tradicional. En tanto que en sitios con fuerte inclinación (superior a 60%, el corte al revés "Humboldt" presenta mejores rendimientos, debido a que en la base del árbol se cuenta con más de 20 cm de fuste, aprovechándolo en mayor medida. Este corte sigue la inclinación del sitio con pendientes sobre el 60%.
Caída natural	No presenta problemas con la caída natural debido a la rectitud del fuste.
Dirección de caída	Si se quisiera reducir el impacto en los vecinos o mantener las condiciones del sitio, se puede modificar sin problemas la caída natural.
Desafilado de sierras	El corte con motosierra no embota la cadena con ningún tipo de resina y el filo de la misma se mantiene lo recomendado por el fabricante.
Susceptibilidad a quebraduras	La especie puede presentar quebraduras en el fuste (cuando el árbol es grande y con poca longitud de copa), producto de la caída de los árboles.
Fisonomía del fuste	Muy dependiente del manejo y de la genética, en sitios con raleos bien aplicados, los árboles presentes pueden tener de 4 a 6 trozas de buena rectitud. Trozas de un segundo raleo presentaron las siguientes características una cantidad de nudos de 2,4 por metro, con achatamiento de 97%, una conicidad de 1,51% y porcentaje de curvatura de 2,04%, siendo con estos datos troza muy circular, con poca variación del diámetro entre uno y otro lado y de poca curvatura.
Trozas por árbol	Se obtienen de 2 a 6 trozas comerciales por árbol (3,5 trozas en promedio), con dimensiones de 2,5 m de longitud y diámetro comercializable mayor a 13 cm.
Frecuencia de ramas	Poca cantidad de ramas en el fuste (3,3 ramas/metro lineal en la copa). En la zona de la copa, de un total de 20,83 ramas por árbol, solamente 6,33 son gruesas en promedio.
Operación de desrame	La operación de desrame se lleva a cabo fácilmente, ya que la especie no presenta una alta incidencia de ramas.



Plantación de *A. acuminata*



Corta de árboles



Operación de derrame

## 2. Transporte y durabilidad de trozas

Característica	Descripción
Troceo	El troceo es considerado como fácil, la especie no presenta tensiones de crecimiento que afecten esta operación.
Acarreo	El transporte de las trozas de diámetro medio al sitio de acopio se puede realizar por medio de la fuerza humana. Las trozas de 2,5 m de largo, 25 cm de diámetro promedio y 684 kg/m <sup>3</sup> de densidad en condición verde, poseen un peso aproximado de 84 kg cada una, el cual puede transportarse fácilmente por una sola persona a una distancia razonable.
Apilado	La operación puede ser sencilla de realizar, las trozas se acomodan fácilmente y no ocurre un deslizamiento entre ellas, debido a que la corteza presenta superficie rugosa.
Durabilidad de trozas	Durante la época seca, las trozas pueden resistir en el campo hasta 2-3 meses, no obstante, en la época lluviosa (en los extremos de los primeros meses) las trozas pueden ser atacadas por hongos. En tanto que los insectos, llamados comúnmente barrenillos, por lo general ataca la albura cuando ésta se empieza a secar.



Troceo de árboles



Utilización de ramas como leña



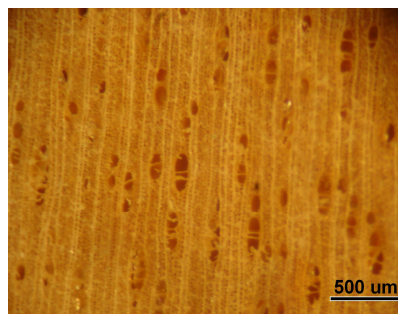
Deterioro de trozas luego de 8 meses

### 3. Descripción general y macroscópica de la madera

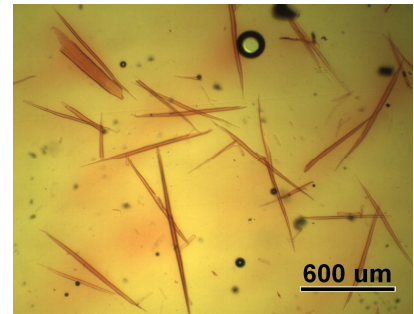
Descripción	Detalle
General	<i>Color:</i> no hay marcación entre el albura y el duramen, ambos tipos de madera presentan un color rosado (7,5 YR 8/4). <i>Textura:</i> de mediana a fina. <i>Olor:</i> imperceptible. <i>Sabor:</i> imperceptible o indistintivo. <i>Brillo:</i> opaco. <i>Veteado:</i> poco definido. <i>Tipo de grano:</i> recto y en las zonas próximas a los nudos con grano inclinado o entrecruzado. <i>Anillos de crecimiento:</i> marcación por bandas de parénquima marginal ligeramente visibles. <i>Densidad de la madera:</i> 0,43 g/cm <sup>3</sup> en condición seca al aire, por lo que se clasifica como moderadamente liviana.
Macroscópica	<i>Vasos:</i> visibles a simple vista y con aumento de 10X, poros en su mayoría solitarios y algunos múltiples radiales de 2 a 3 células, porosidad difusa. <i>Sustancias en vasos:</i> ausentes. <i>Parénquima axial:</i> ligeramente visible con aumento de 10 X, apotraqueal difuso escaso. <i>Parénquima radial:</i> visible con aumento de 10X, de mediana abundancia y no estratificado.



Corte tangencial longitudinal



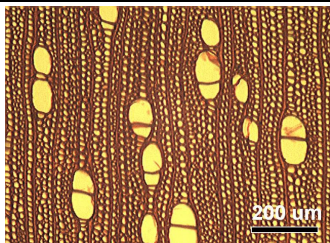
Corte transversal macroscópico



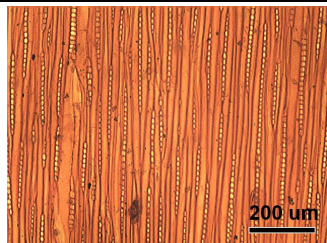
Fibra, parénquima y vaso

#### 4. Descripción microscópica de la madera

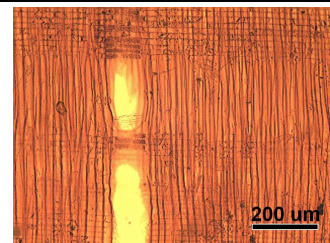
Descripción microscópica	Detalle
Vasos	<p><i>Porosidad:</i> difusa. <i>Distribución:</i> tiende a formar cadenas radiales. <i>Agrupamiento:</i> exclusivamente solitarios, en promedio 85,19% (72,54-93,57%) y múltiples radiales de 2-3 células. <i>Frecuencia:</i> poco numerosos, de 16,49 (14,14-18,71)/mm<sup>2</sup>. <i>Largo:</i> cortos, en promedio 150 μm (94- 342 μm). <i>Diámetro:</i> pequeño 75 μm (61-87 μm). <i>Placa de perforación:</i> escaliformes oblicuas de 10-20 barras. <i>Apéndices:</i> presentes en ambos extremos y tamaño medio. <i>Paredes helicoidales:</i> ausentes. <i>Tilides:</i> ausentes. <i>Gomas:</i> ausentes. <i>Presencia de cristales:</i> ausentes. <i>Puntuaciones inter-vasculares:</i> simples, alternas, ovaladas y abundantes, diámetro mediano, en promedio 7,18 μm (3,5-8,5 μm), sin presencia de ornamentaciones. <i>Puntuaciones rayos-vasculares:</i> similar a las intervasculares en forma y tamaño, diámetro promedio de 5,03 μm (4,2-5,5 μm), sin presencia de ornamentaciones. <i>Puntuaciones parénquima-vasculares:</i> ausentes.</p>
Fibras	<p><i>Forma:</i> fusiformes. <i>Septos:</i> de 1 a 3 por fibra. <i>Estratificación:</i> ausente. <i>Dimensiones:</i> fibras de largo medio, en promedio 1,02 mm (0,94-1,59 mm), diámetro promedio de 35,25 μm (22,79-46,53 μm), diámetro promedio de lumen 22,50 μm (12,25-35,00 μm). <i>Puntuaciones:</i> distintivas aeroladas diminutas, sin ornamentaciones. <i>Presencia de cristales:</i> ausentes.</p>
Parénquima radial	<p><i>Tipo:</i> no estratificado Se observan radios en agregados. <i>Dimensiones:</i> predominantemente radios uniseriados de 10-27 células. Ancho promedio de 8,37 μm (4,5-10,0 μm) y altura promedio de 299 μm (111-375 μm). <i>Frecuencia:</i> de 5,2 (4,0-6,4)/mm. <i>Tipo de células:</i> homocelulares, con una fila de células rectangulares en los extremos (arriba y abajo). <i>Presencia de cristales:</i> ausentes.</p>
Parénquima axial	<p><i>Tipo:</i> apotraqueal difuso, escaso de células tipo seriado. De 5 a 8 células por filamento. <i>Estratificación:</i> ausente. <i>Presencia de cristales:</i> ausentes.</p>
Otras estructuras	<p><i>Traqueidas:</i> vasicéntricas, con septos en poca cantidad. <i>Paredes helicoidales:</i> indeterminadas. <i>Puntuaciones:</i> aeroladas con abertura ovalada</p>



Corte transversal



Corte tangencial-longitudinal



Corte radial-longitudinal

## 5. Propiedades físicas de la madera

Propiedad física	Condición
Densidad	Verde: 0,67 g/cm <sup>3</sup> (13,45 / 0,09) Seca al aire: 0,67 g/cm <sup>3</sup> (13,25 / 0,06) Seca al horno: 0,39 g/cm <sup>3</sup> (13,32 / 0,05)
Peso específico	Verde: 0,34 g (13,09 / 0,05) Seca al aire: 0,39 g (13,04 / 0,05) Seca al horno: 0,39 g (13,32 / 0,05)
Contenido de humedad inicial	Verde: 95,56 % (14,70 / 15,40)
Capacidad calórica	Verde a 95%: 10793 KJ/kg (2650 / 24,56) Seco a 12%: 17157 KJ/kg (1564 / 9,12)
Contracción radial	Verde al 12% (normal): 2,82 % (3,57 / 0,95) Verde al 0% (total): 4,11 % (1,35 / 0,79)
Contracción tangencial	Verde al 12% (normal): 5,31 % (2,13 / 1,38) Verde al 0% (total): 6,31 % (17,18 / 1,08)
Contracción volumétrica	Verde al 12% (normal): 7,64 % (2,59 / 1,65) Verde al 0% (total): 11,01 % (17,02 / 1,87)
Razón contracción T/R	Verde al 12% (normal): 1,85 % (26,57 / 0,49) Verde al 0% (total): 1,62 % (17,77 / 0,29)

Notas:

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los número entre paréntesis representan el coeficiente de variación y la desviación estándar

Razón de contracción T/R: relación contracción tangencial / contracción radial

## 6. Propiedades mecánicas de la madera

Propiedad mecánica	Condición
Esfuerzo máximo compresión paralela a la fibra	Verde: 138,6 kg/cm <sup>2</sup> (26,8 / 26,8) Seca: 281,6 kg/cm <sup>2</sup> (13,2 / 37,1)
Esfuerzo máximo compresión perpendicular a la fibra	Verde: 87,5 kg/cm <sup>2</sup> (15,2 / 13,3) Seca: 160,9 kg/cm <sup>2</sup> (17,6 / 28,2)
Esfuerzo máximo tensión paralela a la fibra	Verde: 440,3 kg/cm <sup>2</sup> (19,0 / 83,8) Seca: 646,7 kg/cm <sup>2</sup> (23,6 / 152,5)
Flexión estática (1 carga)	Modelo de Ruptura (MOR) Verde: 304,8 kg/cm <sup>2</sup> (15,8 / 48,2) Seca: 493,0 kg/cm <sup>2</sup> (16,4 / 80,9)
	Modulo de elasticidad (MOE) Verde: 7120,1 kg/cm <sup>2</sup> (17,1 / 12205,1) Seca: 78548,7 kg/cm <sup>2</sup> (20,4 / 16003,7)
Esfuerzo máximo cortante paralela a la fibra	Sentido tangencial Verde: 47,5 kg/cm <sup>2</sup> (17,5 / 8,3) Seca: 88,9 kg/cm <sup>2</sup> (14,6 / 13,0)
	Sentido radial Verde: 38,2 kg/cm <sup>2</sup> (16,1 / 6,1) Seca: 76,2 kg/cm <sup>2</sup> (20,7 / 15,8)
Esfuerzo máximo tensión perpendicular a la fibra	Sentido tangencial Verde: 25,5 kg/cm <sup>2</sup> (51,9 / 13,3) Seca: 39,6 kg/cm <sup>2</sup> (20,6 / 8,2)
	Sentido radial Verde: 25,0 kg/cm <sup>2</sup> (39,5 / 9,9) Seca: 28,9 kg/cm <sup>2</sup> (44,9 / 13,0)

**Notas:**

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los números entre paréntesis representan el coeficiente de variación y la desviación estándar  
18 muestras ensayadas por cada propiedad mecánica

## 6. Propiedades mecánicas de la madera (continuación)

Propiedad mecánica	Condición
Esfuerzo máximo clivaje	Sentido tangencial Verde: 7,6 kg/cm <sup>2</sup> (28,7 / 2,2) Seca: 8,6 kg/cm <sup>2</sup> (21,2 / 1,8)
	Sentido radial Verde: 25,0 kg/cm <sup>2</sup> (39,5 / 9,9) Seca: 28,9 kg/cm <sup>2</sup> (44,9 / 13,0)
Dureza janka	Sentido axial Verde: 133,5 kg (24,6 / 32,8) Seca: 148,4 kg (21,9 / 32,4)
	Sentido lateral Verde: 127,0 kg (20,6 / 26,2) Seca: 192,2 kg (16,4 / 31,4)
Extracción de clavos	Sentido axial Verde: 133,5 kg (24,6 / 32,8) Seca: 148,4 kg (21,9 / 32,4)
	Sentido lateral Verde: 29,8 kg (61,2 / 18,3) Seca: 21,7 kg (51,7 / 11,2)

**Notas:**

La condición verde está sobre el Punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de Contenido de humedad.

Los número entre paréntesis representan el Coeficiente de variación y la Desviación estándar (CV y DS)

18 muestras ensayadas por c/propiedad mecánica

## 7. Propiedades químicas de la madera

Propiedades químicas	Composición	
Composición global	Holocelulosa %	
	Lignina %	
	Cenizas %	3,47 % (0,48 / 13,67)
	Silíce	1,5 ppm (1,05 / 69,92)
Análisis químico elemental	Nitrógeno	0,34 % (0,01 / 0,02)
	Fósforo	0,02 % (0,00 / 0,00)
	Calcio	0,06 % (0,02 / 0,24)
	Magnesio	0,02 % (0,00 / 0,00)
	Potasio	0,14 % (0,01 / 0,04)
	Azufre	0,02 % (0,01 / 0,35)
Análisis químico elemental	Hierro	15,37 mg/kg (5,86 / 0,37)
	Cobre	3,09 mg/kg (0,00 / 0,00)
	Zinc	2,92 mg/kg (0,00 / 0,00)
	Manganeso	2,47 mg/kg (0,58 / 0,25)
	Boro	3,91 mg/kg (2,65 / 0,66)
Solubilidades	NaOH (al 1%)	16,31 % (1,76 / 10,79)
	H2O caliente	2,74 % (0,46 / 16,70)
	H2O fría	1,92 % (0,65 / 34,05)
	Diclorometano	3,25 % (0,49 / 38,28)
	Tolueno-alcohol	0,95 % (0,56 / 53,33)
pH	6,04 (0,13 / 2,20)	

Nota:

Los números entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación

## 8. Desempeño y calidad de aserrío de la madera

Aserrío	Descripción																				
Desempeño en aserrío	El aserrío de las trozas de teca es de mediana dificultad. Es frecuente que se produzcan entramientos (atascamientos) de las sierras de corte, principalmente cuando se utilizan sierras múltiples radiales, esto debido a que las trozas de plantaciones jóvenes presentan grano veloso cerca de las ramas, produciendo una fricción entre la madera y el cuerpo de la sierra.																				
Calidad de la madera	En el proceso de aserrío de trozas de <i>A. acuminata</i> se liberan tensiones de crecimiento, las cuales se observan en las torceduras (arqueaduras y encorvaduras) presentes en la madera aserrada. Además, se puede notar una alta incidencia de madera con grano veloso, en especial en las regiones próximas a las ramas, dando como resultado una mala calidad de la madera aserrada. Estos problemas o defectos se pueden eliminar aplicando debidamente las podas, para evitar la formación de nudos. Tablas luego de del proceso de aserrío, por ejemplo se encontró, que las grietas estuvieron presente en el 31% de las tablas (longitud media de 1,22 cm), las rajaduras están presente en 42% (longitud de 3,5 cm), el acanalado no esta presente, el 92% de las tablas presentan arqueaduras (con 1,33 mm de flecha), el 33% de las tablas con problemas de encorvadura (en promedio 4 mm de flecha) y el 21% con problemas de aladeo (promedio de 2 mm).																				
Rendimiento de la madera	<p>El rendimiento promedio obtenido para trozas procesadas de <i>A. acuminata</i>, aumenta conforme se incrementa el diámetro. La siguiente tabla muestra los rendimientos de jaula a los 8 años de edad, donde se observa este comportamiento.</p> <table border="1" data-bbox="532 884 1271 1056"> <thead> <tr> <th data-bbox="532 884 732 947">Categoría de diámetro (cm)</th> <th data-bbox="732 884 878 947">Cantidad de trozas</th> <th data-bbox="878 884 1078 947">Diámetro Promedio (cm)</th> <th data-bbox="1078 884 1271 947">Rendimiento (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="532 947 732 978">10 - 15</td> <td data-bbox="732 947 878 978">36</td> <td data-bbox="878 947 1078 978">13,67</td> <td data-bbox="1078 947 1271 978">30,28</td> </tr> <tr> <td data-bbox="532 978 732 1010">15 - 25</td> <td data-bbox="732 978 878 1010">45</td> <td data-bbox="878 978 1078 1010">17,14</td> <td data-bbox="1078 978 1271 1010">33,27</td> </tr> <tr> <td data-bbox="532 1010 732 1041">20 - 25</td> <td data-bbox="732 1010 878 1041">12</td> <td data-bbox="878 1010 1078 1041">22,30</td> <td data-bbox="1078 1010 1271 1041">37,28</td> </tr> <tr> <td data-bbox="532 1041 732 1064" style="text-align: center;"><i>Promedio</i></td> <td data-bbox="732 1041 878 1064"></td> <td data-bbox="878 1041 1078 1064">17,70</td> <td data-bbox="1078 1041 1271 1064">33,31</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría de diámetro (cm)	Cantidad de trozas	Diámetro Promedio (cm)	Rendimiento (%)	10 - 15	36	13,67	30,28	15 - 25	45	17,14	33,27	20 - 25	12	22,30	37,28	<i>Promedio</i>		17,70	33,31
Categoría de diámetro (cm)	Cantidad de trozas	Diámetro Promedio (cm)	Rendimiento (%)																		
10 - 15	36	13,67	30,28																		
15 - 25	45	17,14	33,27																		
20 - 25	12	22,30	37,28																		
<i>Promedio</i>		17,70	33,31																		



Aserrío convencional



Aserrío de diámetros menores



Madera aserrada

## 9. Secado al aire de la madera

Parámetro	Descripción																												
Clasificación	La especie se clasifica como de secado rápido.																												
Tiempo de secado	<p>Alcanza un 20% CH en menos de 90 días. La siguiente tabla muestra la cantidad de días necesarios y la razón de secado para alcanzar un contenido de humedad del 20%, considerando diferentes espesores de madera aserrada de <i>A. acuminata</i>.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Espesor (cm)</th> <th>Chi (%)</th> <th>Número de días*</th> <th>Razón de secado (%/día)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,2</td> <td>83</td> <td>21</td> <td>3,95</td> </tr> <tr> <td>2,5</td> <td>81</td> <td>30</td> <td>2,70</td> </tr> <tr> <td>3,8</td> <td>80</td> <td>35</td> <td>2,30</td> </tr> <tr> <td>5,0</td> <td>77</td> <td>40</td> <td>1,92</td> </tr> <tr> <td>6,2</td> <td>80</td> <td>41</td> <td>1,95</td> </tr> <tr> <td>7,5</td> <td>79</td> <td>82</td> <td>1,88</td> </tr> </tbody> </table> <p>Chi: Contenido de humedad inicial *Número de días para alcanzar 20% de CH.</p>	Espesor (cm)	Chi (%)	Número de días*	Razón de secado (%/día)	1,2	83	21	3,95	2,5	81	30	2,70	3,8	80	35	2,30	5,0	77	40	1,92	6,2	80	41	1,95	7,5	79	82	1,88
Espesor (cm)	Chi (%)	Número de días*	Razón de secado (%/día)																										
1,2	83	21	3,95																										
2,5	81	30	2,70																										
3,8	80	35	2,30																										
5,0	77	40	1,92																										
6,2	80	41	1,95																										
7,5	79	82	1,88																										
Calidad del secado	<p><i>Grietas</i>: solamente producen algunas pequeñas grietas durante el secado en aquellas regiones próximas a los nudos, sin embargo no es un problema severo.</p> <p><i>Arqueadura</i>: No se produce este problema en el secado al aire en madera de plantación</p> <p><i>Encorvadura</i>: no se aumenta este problema durante el secado al aire</p> <p><i>Aladeo</i>: se suele presentar este problema en madera que se obtuvo próximo de la medula y con presencia de nudos.</p> <p><i>Rajaduras</i>: es un problema severo en aquellas piezas de madera con presencia de medula.</p> <p><i>Colapso</i>: no se presenta este problema</p>																												



Inicio de apilado al aire en madera de jául



Grietas asociados a los nudos luego del secado



Rajaduras y grietas por cabeza en madera seca de jául

## 10. Secado al horno de la madera

Parámetro	Descripción	Programa de secado recomendado																																																			
Clasificación	Es considerado de rápido secado, pero con problemas de rajaduras, grietas, torceduras y pandeos.																																																				
Tiempo de secado	Madera de 2,54 cm de espesor presenta un tiempo de secado de 65-70 horas, incrementando y disminuyendo este tiempo con el aumento o decrecimiento del espesor de la madera, respectivamente.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etapa</th> <th>T (°C)</th> <th>CHE</th> <th>HR (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">Calefacción</td> <td>40</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>16,5</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>16,2</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>14,2</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td rowspan="8">Secado</td> <td>60</td> <td>11,5</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>8,3</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>4,9</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>66</td> <td>3,2</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>71</td> <td>3,4</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>77</td> <td>3,5</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>82</td> <td>3,5</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Igualización</td> <td>80</td> <td>3,5</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Acondicionamiento</td> <td>70</td> <td>4,0</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Enfriamiento</td> <td>30</td> <td>4,0</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Etapa	T (°C)	CHE	HR (%)	Calefacción	40	-	-	50	16,5	-	60	16,2	50	60	14,2	45	Secado	60	11,5	40	60	8,3	35	60	4,9	30	66	3,2	25	71	3,4	20	77	3,5	15	82	3,5	12	Igualización	80	3,5	12	Acondicionamiento	70	4,0	-	Enfriamiento	30	4,0	-
Etapa	T (°C)	CHE	HR (%)																																																		
Calefacción	40	-	-																																																		
	50	16,5	-																																																		
	60	16,2	50																																																		
	60	14,2	45																																																		
Secado	60	11,5	40																																																		
	60	8,3	35																																																		
	60	4,9	30																																																		
	66	3,2	25																																																		
	71	3,4	20																																																		
	77	3,5	15																																																		
	82	3,5	12																																																		
	Igualización	80	3,5	12																																																	
Acondicionamiento	70	4,0	-																																																		
Enfriamiento	30	4,0	-																																																		
Calidad del secado	Se encontró que el secado solamente influye en las rajaduras y grietas existentes luego del aserrío, incrementan en su magnitud en 22 mm y 38 mm en promedio respectivamente. En cuanto a la arqueadura el secado incrementa este defecto en 6,7 mm, pero no aparece en tablas que no lo tenían. La encorvadura se incrementa en 3,5 mm afectando no solamente las tablas que presentaban este defecto antes del secado, si no que también en tablas que no presentaban. En el aladeo se incrementa este defecto en 2 mm y también afecta tablas que no poseían este defecto antes del secado.	<p>T: Temperatura            CHE: Contenido de Humedad en Equilibrio            HR: Humedad Relativa            Fuente</p>																																																			



Apilado en cámara de humedad



Ubicación de sondas en la pila de madera



Sondas de control durante el secado

## 11. Preservación de la madera

Preservación	Descripción										
Tratamiento de difusión	<p>La madera preservada sin presión (inmersión-difusión con sales de boro), donde se obtiene una penetración total del preservante en la madera, se recomienda sólo para uso en interiores (madera bajo techo). La siguiente tabla muestra el tiempo de difusión de <i>A. acuminata</i> con el tratamiento sin presión a diferentes espesores, con una penetración del 100% en cada uno de ellos.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Espesor (cm)</th> <th>Tiempo difusión (días)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,5</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>3,8</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>5,0</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>6,2</td> <td>28</td> </tr> </tbody> </table>	Espesor (cm)	Tiempo difusión (días)	2,5	18	3,8	21	5,0	25	6,2	28
Espesor (cm)	Tiempo difusión (días)										
2,5	18										
3,8	21										
5,0	25										
6,2	28										
Tratamiento a presión	<p>Con el tratamiento a presión, se logra una penetración parcial e irregular por parte de la albura, contraria al duramen que no es posible preservar. La absorción de la madera es de 386,0 litros/m<sup>3</sup> y la retención es de 7,7 kg/m<sup>3</sup>. La madera preservada con el método vacío-presión (preservante Wolmanit CX-10®), que se clasifica como Clase 4, se recomienda para uso en exteriores, en contacto permanente con el suelo, con agua o riesgos de termitas.</p>										



Preservación a vacío-presión



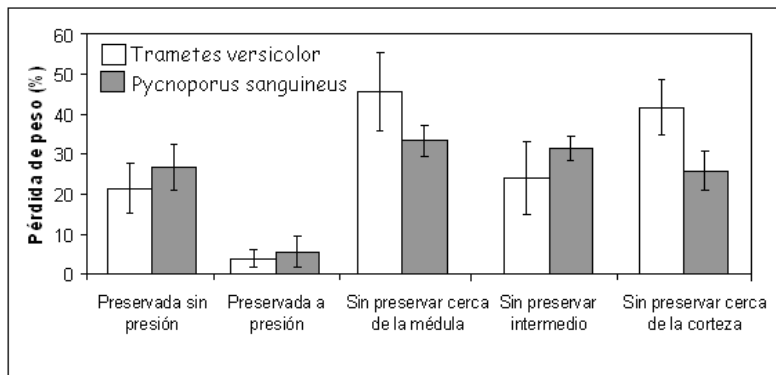
Piezas de madera aserrada preservadas a presión



Poste preservado, muestra duramen (sin preservar) y albura (preservada irregularmente)

## 12. Durabilidad de la madera

Tipo de ataque	Descripción
Hongos	Según ensayos de durabilidad natural, realizados bajo la norma ASTM D 2017-84 (1994) y utilizando los hongos <i>Trametes versicolor</i> y <i>Pycnoporus sanguineus</i> (estándares internacionales para este tipo de ensayo), la madera de <i>jaúl preservada con boro sin presión</i> , se clasifica como resistente al ataque del hongo <i>T. versicolor</i> y moderadamente resistente al ataque de <i>P. sanguineus</i> . La <i>madera preservada a presión</i> , se clasifica como altamente resistente al ataque de ambos hongos. La <i>madera sin preservar</i> cercana a la médula se clasifica como no resistente al ataque de <i>T. versicolor</i> y moderadamente resistente al ataque de <i>P. sanguineus</i> . Finalmente, la madera obtenida de la sección intermedia y cercana a la corteza, se clasifica como moderadamente resistente al ataque de ambos hongos.
Insectos	Especie no resistente al ataque de termitas de madera seca y húmeda, coleópteros barrenadores de la madera (líctidos, anóbidos, escolítidos y cerambícidos) y organismos xilófagos marinos; sin embargo al preservar la madera se logra incrementar sensiblemente su resistencia ante el ataque de estos agentes de biodeterioro.



La figura muestra la pérdida de peso en porcentaje de *Alnus acuminata* por ataque de los hongos, en madera preservada (con dos métodos) y madera sin preservar proveniente de tres posiciones distintas dentro del árbol. Se puede observar que la madera sin preservar presenta pérdidas de peso en un 34%, la preservada con boro sin presión en un 24% y la preservada a presión de un 5%.

### 13. Trabajabilidad de la madera

Operación	Descripción
Cepillado	<p><i>Clasificación:</i> en estado juvenil es pobre, solamente del 30% de la superficie queda libre de defectos, debido a la presencia de grano encontrado.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> en madera juvenil es frecuente el grano veloso combinado con grano arrancado. El defecto se presenta en un nivel de moderado a grave, lo que lo hace altamente visible.</p> <p><i>Recomendación:</i> Para disminuir estos defectos se recomienda ángulos de ataque de 15° y velocidad de alimentación de 12 m/minuto para cortes radiales y tangenciales. En caso de cortes oblicuos) combinación de radial y tangencial), un ángulo de 15 ° y a 6 m/ minuto en la velocidad de alimentación. Aplicando esta recomendación se asegura un aumento del área libre de defectos hasta 50%.</p>
Lijado	<p><i>Clasificación:</i> se lija fácilmente, ocurre poco embotamiento de la lija dando superficies de buena calidad.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> en madera con grano veloso y grano arrancado, por la facilidad con que se lija, el defecto llega a desaparecer con una sola pasada.</p> <p><i>Recomendación:</i> siempre es importante utilizar la lija 60 para eliminar los defectos del cepillado y finalmente la lija de grano superior a 100 para lograr superficies buena calidad en el acabado.</p>
Taladrado	<p><i>Clasificación:</i> es muy deficiente con broca para metal produce superficie de buena a regular. Estas calidades mejoran con broca para madera, logrando superficies buenas a muy buenas.</p> <p><i>Defectos:</i> con broca para madera se presentan pocos defectos, siendo el grano arrancado y una superficie poco regular. Con broca para metal la superficie se presenta grano veloso, grano arrancado y una superficie irregular.</p> <p><i>Recomendación:</i> Utilizar broca para madera y no de metal cuando es necesario hacer un orificio. Adicionalmente, es importante considerar que para aumentar la eficiencia en la penetración del taladro se recomiendan revoluciones sobre 500 rpm.</p>



Presencia de grano arrancado luego del cepillado, muy común en jálul



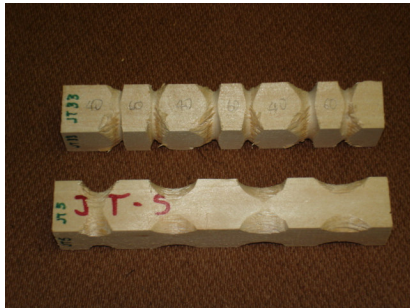
Muestra de madera lijada con excelente calidad superficial



Taladrado con broca para madera de mejor calidad de hueco

### 13. Trabajabilidad de la madera (continuación)

Torneado	<p><i>Clasificación:</i> Resulta de muy mala calidad cuando se introduce la gubia de forma horizontal, mejorando levemente cuando la gubia se inclina.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> El astillado y el grano arrancado son los defectos que se presentan en gran abundancia.</p> <p><i>Recomendación:</i> El jául de árboles jóvenes no resulta ser adecuada para el torneado.</p>
Moldurado	<p><i>Clasificación:</i> La calidad del moldurado que se obtiene en esta especie va de regular a bueno. En extremos de las tablas se dan buenos resultados pero en el corte en dirección del hilo la calidad se ve muy disminuida en madera por la presencia de grano encontrado.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> Los defectos que se presentan son el grano arrancado combinado con grano velloso, el defecto es de leve a moderado. La superficie moldurada se ve afectada hasta en un 50% del área.</p> <p><i>Recomendación:</i> De requerirse la moldura en madera de jául joven, se recomiendan que se prefieran elegir los cortes tangenciales pues son en los que se observa la menor incidencia del defecto.</p>
Escopleado	<p><i>Clasificación:</i> La calidad del escopleado en esta especie es muy buena.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> Se presentan pocas vellosidades y algo de grano arrancado pero en general muy escaso.</p> <p><i>Recomendación:</i> Apta para este tipo de trabajo en todos los cortes.</p>



Presencia de astillado y grano arrancado en torneado



Moldura de calidad aceptable

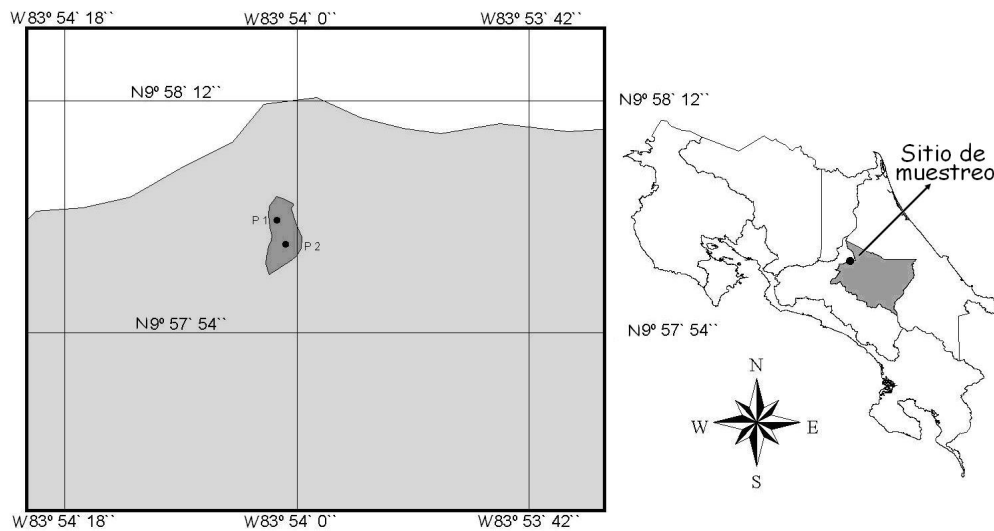


Caja de muy buena calidad para el escopleado

#### 14. Procedencia del material

El material utilizado para generar la información fue recolectado en una plantación de jaúl de 2 hectáreas de extensión, ubicada en Padúa, Tierra Blanca de Cartago; la cual se localiza entre las coordenadas geográficas  $83^{\circ} 54' 18''$  y  $83^{\circ} 53' 42''$  Oeste y  $9^{\circ} 57' 54''$  y  $9^{\circ} 58' 12''$  Norte. El sitio presenta precipitaciones de 2200 a 4000 mm anuales, temperaturas entre 6 y 12 °C y se encuentra dentro de la zona de vida bosque pluvial montano (Holdridge 1967). La parcela de muestreo presentó una topografía quebrada con pendientes entre 60% y 70%.

La plantación se estableció a un espaciamiento de 3 x 3 metros, con una densidad de 1100 árboles/ha. Durante el desarrollo de la misma se aplicaron limpiezas anuales de la vegetación arbustiva y a las edades de 3 y 6 años se ejecutaron raleos de mantenimiento. En el momento del muestreo, la plantación tenía una edad de 8 años y una densidad de 338 árboles/ha; además, la masa forestal poseía un área basal de 19 m<sup>2</sup>/ha, un diámetro promedio de 26,70 cm, una altura promedio de 18,95 m y un volumen comercial total de 234,32 m<sup>3</sup>/ha.



Ubicación geográfica de la plantación de *Alnus acuminata* de 8 años de edad, Cartago, Costa Rica.

# Pochote

---

**Nombre científico**

*Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand

**Familia**

Bombacaceae

---

## 1. Aprovechamiento de plantaciones

Característica	Descripción
Facilidad de corte	Los árboles de esta especie son de fácil corte debido a que la madera es suave. No obstante el desafilado de las sierras ocurre por la presencia de espinas muy duras. En algunas ocasiones las "gambas" son grande haciendo necesario contar con sierras bien afiladas y espadas de motosierra grandes. Se hace necesario de tener cuidado con las espinas en el fuste del árbol en el momento del manipuleo.
Caída natural	Es frecuente encontrar árboles de mala forma, con copa uniforme, por lo que presenta una caída natural definida.
Dirección de caída	En copas poco simétricas es difícil cambiar la dirección de caída, pero en árboles de copa simétrica es fácil cambiar su dirección.
Desafilado de sierras	Se puede producir un desafilado rápido por la presencia de espinas muy duras en la corteza, no obstante el filo se mantiene lo esperado para la especie.
Susceptibilidad a quebraduras	No se presentan problemas con quebraduras del fuste, pero en las ramas es frecuente que se quiebren si el aprovechamiento es realizado sin presencia de hojas en el árbol.
Fisonomía del fuste	En la base del árbol se presentan una ligera conicidad, posterior a un metro de altura, las trozas son de buena forma hasta donde ocurre la bifurcación, donde la forma es irregular.
Trozas por árbol	Debido a esta especie se bifurca a baja altura, la cantidad de trozas a obtener por árbol puede variar de 2-4 troza (promedio de 3 trozas/árbol)
Frecuencia de ramas	En el fuste se presentan poca presencia de ramas, sobre todo si son bien manejadas las plantaciones. En la parte mas superior del árbol la cantidad de ramas aumenta y en general son de diámetro superior a 2 cm.
Operación de desrame	Es lenta de realizar esta operación. Esta operación se debe caminar a los largo del fuste, por lo que se debe tener cuidado de las espinas presentes en el fuste. También este árbol bifurca a baja altura por lo que se presentan ramas gruesas.



Corte de árboles de 14 años



Operación de derrame y corte en la altura comercial del árbol



Espinas en pochote con efectos durante el aprovechamiento

## 2. Transporte y durabilidad de trozas

Característica	Descripción
Troceo	Es realizado fácilmente producto de las pocas tensiones de crecimiento en el árbol. Se hace necesario utilizar equipo de protección y aditamentos de aprovechamiento ante la presencia de espinas en el fuste.
Acarreo	Aunque, las trozas de diámetro pequeño se puedan realizar el transporte con fuerza humana, por lo general no se realiza debido a la presencia de espinas; lo que es recomendable realizar el acarreo con otros equipos o bien fuerza animal. Una troza de 2,5 m de largo, de 25 cm de diámetro promedio y su densidad en condición en verde de 960 kg/m <sup>3</sup> , poseen un peso aproximado de 117 kg.
Apilado	La operación se dificulta por la presencia de espinas en el fuste, haciendo que las trozas no sean fácilmente deslizadas entre ellas o acomodo de las mismas.
Durabilidad de trozas	Las trozas en patios de acopio o dentro de las plantaciones en época verano, soportan este periodo pero aparecen algunas grietas por cabe. En época lluviosa rápidamente aparecen manchas o hongos en las cabezas de las trozas y es susceptible la aparición de insectos.



Arrastre de fustes de árboles con tractor agrícola



Inicio del troceo del árbol



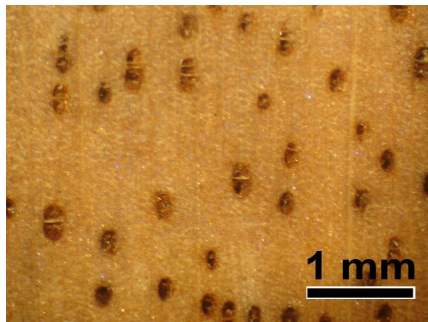
Presencia de rajaduras y hongos en trozas dejadas en patio luego de 9 meses

### 3. Descripción general y macroscópica de la madera

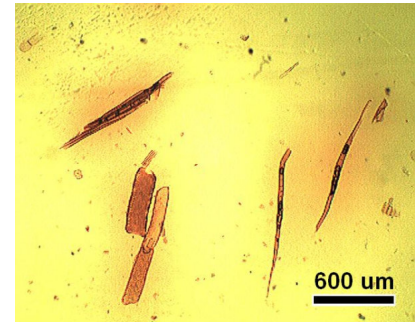
Descripción	Detalle
General	<p><i>Color:</i> en estado verde por tratarse de un árbol joven no presenta duramen, la albura es de color blanco en tanto que en la condición seca no se presenta este tipo de madera se torna gris claro (10YR 7/2). <i>Textura:</i> media. <i>Olor:</i> indistinto. <i>Sabor:</i> imperceptible o indistintivo. <i>Brillo:</i> opaco por todos sus cortes. <i>Veteado:</i> ligeramente definido. <i>Tipo de grano:</i> recto. <i>Anillos de crecimiento:</i> poco definidos y en algunas ocasiones ocurren una formación de anillos ligeramente visibles por un engrosamiento de la pared celular. <i>Densidad:</i> liviana con una densidad de 0,3 g/cm<sup>3</sup> en una condición seca al aire.</p>
Macroscópica	<p><i>Vasos:</i> visibilidad a simple vista, porosidad difusa, de poros solitarios y múltiples de 2-3 células colocadas en sentido radial. <i>Porosidad:</i> Difusa. <i>Distribución:</i> sin patrón definido. <i>Sustancias presentes:</i> ausentes en la albura, pero el duramen se presentan gomas dentro de los vasos. <i>Parénquima axial:</i> visible a simple vista, paratraqueal, vasicéntrico escaso. Aportraqueal de difuso en agregados y en bandas muy delgadas. <i>Parénquima radial:</i> algunos radios son muy visibles a simple vista y otros apenas visibles con aumento de 10x y estratificación ausente.</p>



Corte tangencial longitudinal



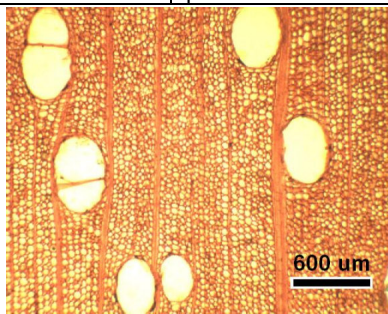
Corte transversal macroscópico



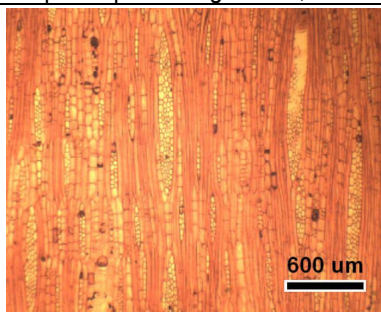
Fibra, parénquima y vaso

#### 4. Descripción microscópica de la madera

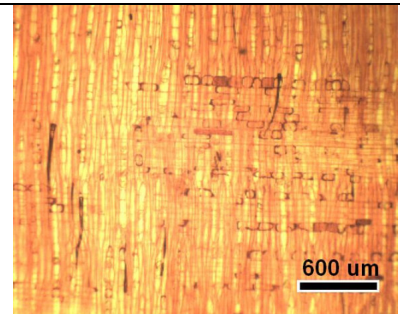
Descripción microscópica	Detalle
Vasos	<p><i>Porosidad:</i> difusa. <i>Distribución:</i> ausente. <i>Agrupamiento:</i> escasos solitarios en promedio 36,8% (0-55,5%) y múltiples en promedio 63,2% (33,3-80%) de 2-3 (hasta 6) células en sentido radial. <i>Frecuencia:</i> pocos, promedio 3,56 (2,2-4,4)/mm<sup>2</sup>. <i>Diámetro:</i> pequeño, promedio 294,3 (206,8-393,2) μm. <i>Largo:</i> largos, promedio 118,9 μm (34,84–363,17 μm). <i>Paredes helicoidales:</i> ausentes. <i>Apéndices:</i> ausentes. <i>Placa de perforación:</i> simple. <i>Presencia de cristales:</i> ausentes. <i>Gomas:</i> presentes en el duramen. <i>Tilides:</i> presente en el duramen. <i>Puntuaciones inter-vasculares:</i> simples alternas, hexagonales, abundantes. Diámetro grande, promedio 11,39 (8,32-16,73) μm. Abertura de ovalo en sentido horizontal sin ornamentaciones. <i>Puntuaciones rayos-vasculares:</i> borde muy reducido simple, puntuación redonda o angular. Diámetro grande, promedio 14,39 (10,78-17,68) μm sin ornamentaciones. <i>Puntuaciones parénquima-vasculares:</i> borde muy reducido simple, puntuación redonda o angular, mediana abundancia.</p>
Fibras	<p><i>Forma:</i> fusiformes. <i>Septos:</i> presentes. <i>Estratificación:</i> ausente. <i>Dimensiones:</i> fibras cortas, promedio de 0,79 mm (0,52-1,08 mm), diámetro promedio de 28,33 μm (17,03-46,62 μm), diámetro promedio de lumen 19,52 μm (10,14-36,08 μm) y espesor de pared celular delgada 4,40 μm (2,84-6,49 μm). <i>Puntuaciones:</i> diminutas y aeroleadas. <i>Presencia de cristales:</i> ausentes.</p>
Parénquima radial	<p><i>Tipo:</i> radios pequeños ligeramente estratificados y largos no estratificados. <i>Dimensiones:</i> radios pequeños uniseriados y biseriados de 18,04 (8-19) células de alto, altura 124,39 μm (31,22-269,4) μm, ancho 7,46 μm (3,65-11,35) μm. Radios grandes multiseriados de 5-6 células de ancho y largo mayor a 1 mm. <i>Frecuencia:</i> muy frecuentes, promedio de 7 (6-8)/mm<sup>2</sup>. <i>Tipo de células:</i> heterocelulares, procumbentes en la parte central y cuadradas en la parte marginal. <i>Presencia de cristales:</i> presentes en las células marginales.</p>
Parénquima axial	<p><i>Tipo:</i> paratraqueal, vasicéntrico escaso. Aportraqueal difuso en agregados y en bandas cortas de 1 ó 2 células de ancho, entre un radio y otro. <i>Tipo de células:</i> filamentos compuestos de 3-8 células. <i>Estratificación:</i> parénquima axial y radial ligeramente estratificados. <i>Presencia de cristales:</i> presentes, tipo prismático o romboidal en el parénquima longitudinal, no formando cámaras.</p>



Corte transversal



Corte tangencial-longitudinal



Corte radial-longitudinal

## 5. Propiedades físicas de la madera

Propiedades físicas	Condición
Densidad	Verde: 0,96 g/cm <sup>3</sup> (0,05 / 5,65) Seca al aire: 0,39 g/cm <sup>3</sup> (0,04 / 10,76) Seca al horno: 0,35 g/cm <sup>3</sup> (0,04 / 10,36)
Peso específico	Básico: 0,32 (0,03 / 9,90) Seco al aire: 0,34 (0,03 / 9,91) Seco al horno: 0,35 (0,04 / 10,36)
Contenido de humedad inicial	Verde: 199,64 % (25,31 / 12,68)
Capacidad calórica	Verde a 215%: 6119 KJ/kg (1999 / 32,68) Seco a 12%: 15642 KJ/kg (521 / 3,33)
Contracción radial	Verde al 12% (normal): 1,06 % (0,32 / 30,23) Verde al 0% (total): 2,45 % (0,49 / 20,05)
Contracción tangencial	Verde al 12% (normal): 1,60 % (0,42 / 26,42) Verde al 0% (total): 3,18 % (0,31 / 9,81)
Contracción volumétrica	Verde al 12% (normal): 5,34 % (2,16 / 40,47) Verde al 0% (total): 6,28 % (2,06 / 32,83)
Razón contracción T/R	Verde al 12% (normal): 1,63 (0,74 / 45,15) Verde al 0% (total): 1,34 (0,30 / 22,01)

**Notas:**

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los número entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación

T/R: relación contracción tangencial / contracción radial

## 6. Propiedades mecánicas de la madera

Propiedades mecánicas	Condición
Esfuerzo máximo compresión paralela a la fibra	Verde: 64,42 kg/cm <sup>2</sup> (15,05 / 21,99) Seca: 91,34 kg/cm <sup>2</sup> (20,32 / 22,25)
Esfuerzo máximo compresión perpendicular a la fibra	Verde: 94,45 kg/cm <sup>2</sup> (17,34 / 18,36) Seca: 112,09 kg/cm <sup>2</sup> (26,15 / 23,33)
Esfuerzo máximo tensión paralela a la fibra	Verde: 380,57 kg/cm <sup>2</sup> (99,27 / 26,09) Seca: 453,43 kg/cm <sup>2</sup> (151,77 / 33,47)
Flexión estática (1 carga)	Modelo de Ruptura (MOR) Verde: 301,58 kg/cm <sup>2</sup> (42,98 / 14,25) Seca: 381,63 kg/cm <sup>2</sup> (66,84 / 17,51)
	Modulo de elasticidad (MOE)*1000 Verde: 54,587kg/cm <sup>2</sup> (13124,75 / 24,04) Seca: 56,614 kg/cm <sup>2</sup> (10294,93 /18,18 )
Esfuerzo máximo cortante paralela a la fibra	Sentido tangencial Verde: 52,83 kg/cm <sup>2</sup> (8,69 / 16,46) Seca: 56,95 kg/cm <sup>2</sup> (7,06 / 12,40)
	Sentido radial Verde: 41,44 kg/cm <sup>2</sup> (6,37 / 15,37) Seca: 50,21 kg/cm <sup>2</sup> (7,28 / 14,50)
Esfuerzo máximo tensión perpendicular a la fibra	Sentido tangencial Verde: 14,47 kg/cm <sup>2</sup> ( 22,56/ 155,90) Seca: 12,26 kg/cm <sup>2</sup> (6,28 / 51,21)
	Sentido radial Verde: 12,10 kg/cm <sup>2</sup> (26,00 / 214,94) Seca: 10,61 kg/cm <sup>2</sup> (2,82 / 26,55)

**Notas:**

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los número entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación  
18 muestras ensayadas por cada propiedad mecánica

## 6. Propiedades mecánicas (continuación)

Propiedades mecánicas	Condición
Esfuerzo máximo clivaje	Sentido tangencial Verde: 3,23 kg/cm <sup>2</sup> (3,20 / 98,92) Seca: 2,70 kg/cm <sup>2</sup> (0,66 / 24,60)
	Sentido radial Verde: 2,35 kg/cm <sup>2</sup> (0,61 / 25,90) Seca: 3,01 kg/cm <sup>2</sup> (0,58 / 19,21)
Dureza Janka	Sentido axial Verde: 99,45 kg (18,05 / 18,15) Seca: 163,19 kg (35,73 / 21,90)
	Sentido lateral Verde: 89,42 kg (19,69 / 22,02) Seca: 103,12 kg (29,76 / 28,86)
Extracción de clavos	Sentido axial Verde: 20,07 kg (6,65 / 33,15) Seca: 16,90 kg (4,14 / 24,49)
	Sentido lateral Verde: 28,07 kg (5,39 / 19,22) Seca: 19,75 kg (3,77 / 19,07)

**Notas:**

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los números entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación  
18 muestras ensayadas por cada propiedad mecánica

## 7. Propiedades químicas de la madera

Propiedades químicas	Composición	
Composición global	Holocelulosa	% ( )
	Lignina	% ( )
	Cenizas	3,99 % (0,51 / 12,88)
	Sílice	4,67 % (3,33 / 71,29)
Análisis químico elemental	Nitrógeno	0,37 % (0,02 / 0,04)
	Fósforo	0,05 % (0,01 / 0,22)
	Calcio	1,52 % (0,33 / 0,22)
	Magnesio	0,04 % (0,01 / 0,13)
	Potasio	0,64 % (0,10 / 0,16)
	Azufre	0,02 % (0,01 / 0,25)
Análisis químico elemental	Hierro	23,67 mg/kg (2,52 / 0,11)
	Cobre	1,00 mg/kg (0,00 / 0,00)
	Zinc	2,67mg/kg (1,15 / 0,43)
	Manganeso	0,00 mg/kg (0,00 / 0,00)
	Boro	1,67mg/kg (0,58 / 0,35)
Solubilidades	NaOH (al 1%)	11,08 % (0,49 / 4,39)
	H2O caliente	6,16 % (1,50 / 24,29)
	H2O fría	2,59 % (0,49 / 18,75)
	Diclorometano	2,52 % (0,73 / 29,12)
	Tolueno-alcohol	1,26 % (0,61 / )
pH	9,72 (0,14 / 1,48)	

Nota:

Los números entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación

## 8. Desempeño y calidad de aserrío

Aserrío	Descripción												
Desempeño en aserrío	Las trozas de pequeño diámetro presentan en general un buen comportamiento, con pocas presencias de tensiones de crecimiento, causantes de producir madera aserrada con pandeos o torceduras. No obstante, el manipuleo manual de las trozas se dificulta debido a la presencia de espinas de la corteza.												
Calidad de la madera	En el proceso de aserrío de trozas provenientes de plantaciones forestales se producen algunos problemas relacionados a las torceduras y rajaduras de las tablas. En tablas luego de del proceso de aserrío se encontró que las grietas estuvieron presente en el 49,12% de las tablas (longitud media de 3,63 cm), las rajaduras están presente en 54,39% de las piezas (longitud media de 6,66 cm), el acanalado se presentó en un 8,77% de las tablas (con 0,26 mm de flecha), la arqueadura no fue encontrada en madera de 7,5 cm de ancho, el 87,72% de las tablas con problemas de encorvadura (en promedio 8,02 mm de flecha) y el 57,89% con problemas de aladeo (promedio de 2,51 mm).												
Rendimiento de la madera	<p>El rendimiento puede alcanzar hasta el 60% cuando se produce madera de cuadro con gruesos superior a 5 cm. No obstante es frecuente aserrar la troza en tablas de 2,5 cm de espesor y el rendimiento puede variar entre 45-55% según el diámetro de la troza. La siguiente tabla muestra los rendimientos esperados para diferentes dimensiones de trozas:</p> <table border="1" data-bbox="711 783 1166 968"> <thead> <tr> <th data-bbox="711 783 938 821">Diámetro (cm)</th> <th data-bbox="938 783 1166 821">Rendimiento (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="711 821 938 848">15-20</td> <td data-bbox="938 821 1166 848">20-30</td> </tr> <tr> <td data-bbox="711 848 938 875">20-25</td> <td data-bbox="938 848 1166 875">25-30</td> </tr> <tr> <td data-bbox="711 875 938 903">25-30</td> <td data-bbox="938 875 1166 903">30-45</td> </tr> <tr> <td data-bbox="711 903 938 930">30-35</td> <td data-bbox="938 903 1166 930">45-55</td> </tr> <tr> <td data-bbox="711 930 938 968">Mayor a 35 cm</td> <td data-bbox="938 930 1166 968">50-60</td> </tr> </tbody> </table>	Diámetro (cm)	Rendimiento (%)	15-20	20-30	20-25	25-30	25-30	30-45	30-35	45-55	Mayor a 35 cm	50-60
Diámetro (cm)	Rendimiento (%)												
15-20	20-30												
20-25	25-30												
25-30	30-45												
30-35	45-55												
Mayor a 35 cm	50-60												



Proceso de aserrío con aserradero portátil de banda



Madera aserrada de pochote



Decoloración en los extremos de la tablas por el secado en los extremos de las trozas

## 9. Secado al aire de la madera

Parámetro	Descripción																
Clasificación	La madera de pochote proveniente de plantaciones jóvenes es considerado de muy rápido secado, y muy diferente a la madera de bosque natural que no se logra la totalidad del secado. En general se obtienen periodos de secado inferior a 23 días para espesores menores a los 5 cm. Siendo estos periodo muy inferior a los 100 días establecido por la norma COPAN (1972) para especie de rápido secado. Es de las especies de plantación con mayor velocidad de secado.																
Tiempo de secado	<p>La madera de pochote presenta una razón de secado entre 2,75 y 5,75 %/día y tiempos para alcanzar el 20% de contenido de humedad entre 13 y 23 días para los diferentes espesores, los tiempos disminuyen conforme disminuye el espesor de la pieza. La siguiente tabla muestra los parámetros de secado al aire en diferentes espesores.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Espesor (cm)</th> <th>Chi (%)</th> <th>Número de días*</th> <th>Razón de secado (%/día)**</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,54</td> <td>88,78</td> <td>13</td> <td>5,75</td> </tr> <tr> <td>3,81</td> <td>80,77</td> <td>19</td> <td>3,37</td> </tr> <tr> <td>5,08</td> <td>80,69</td> <td>23</td> <td>2,75</td> </tr> </tbody> </table> <p>**Contenido de humedad inicial (Chi) / *Número de días para alcanzar 20% de CH. Realizado en época seca en la ciudad de Nicoya.</p>	Espesor (cm)	Chi (%)	Número de días*	Razón de secado (%/día)**	2,54	88,78	13	5,75	3,81	80,77	19	3,37	5,08	80,69	23	2,75
Espesor (cm)	Chi (%)	Número de días*	Razón de secado (%/día)**														
2,54	88,78	13	5,75														
3,81	80,77	19	3,37														
5,08	80,69	23	2,75														
Calidad del secado	<p><i>Grieta y rajaduras:</i> con poca magnitud en los extremos de las tablas. No ocurren efectos de madera próxima a la médula y en la médula misma, como en otras especies de plantación, ya que la médula es muy pequeña. Defectos de pando (arqueadura, acanalado, encorvadura o aladeo) poco frecuentes y de poca magnitud, se encuentran en el 25% de las piezas secas.</p> <p><i>Colapso:</i> no presenta.</p> <p><i>Manchas:</i> propensa a producir una mancha color negro cuando la madera no protege adecuadamente de la lluvia.</p>																



Pila de secado al aire cubierta con techo de plástico.



Apilado al aire de pochote



Madera de pochote de 3,81 cm de espesor, una vez finalizado el proceso de secado al aire.

### 10. Secado al horno de la madera

Parámetro	Descripción	Programa de secado recomendado																																																			
Clasificación	Es considerado de moderado secado y con leves problemas relacionado a las rajaduras, grietas, torceduras o pandeos.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etapa</th> <th>T (°C)</th> <th>CHE</th> <th>HR (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Calefacción</td> <td>35</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>45</td> <td>14.4</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td rowspan="10">Secado</td> <td>49</td> <td>14.4</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>49</td> <td>12.1</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>49</td> <td>9.6</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>6.5</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>55</td> <td>4.0</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>2.9</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>66</td> <td>3.2</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>82</td> <td>3.5</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>82</td> <td>3.5</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Igualización</td> <td>82</td> <td>3.5</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Acondicionamiento</td> <td>75</td> <td>10.0</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Enfriamiento</td> <td>30</td> <td>10.0</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p>T: Temperatura (°C)            CHE: Contenido de Humedad en Equilibrio (%)            HR: Humedad Relativa (%)            Fuente: Cordero, 2003</p>	Etapa	T (°C)	CHE	HR (%)	Calefacción	35	-	-	45	14.4	-	Secado	49	14.4	45	49	12.1	40	49	9.6	35	50	6.5	30	55	4.0	25	60	2.9	20	66	3.2	15	82	3.5	10	82	3.5	8	Igualización	82	3.5	8	Acondicionamiento	75	10.0	-	Enfriamiento	30	10.0	-
Etapa	T (°C)		CHE	HR (%)																																																	
Calefacción	35		-	-																																																	
	45		14.4	-																																																	
Secado	49		14.4	45																																																	
	49		12.1	40																																																	
	49		9.6	35																																																	
	50		6.5	30																																																	
	55		4.0	25																																																	
	60		2.9	20																																																	
	66		3.2	15																																																	
	82		3.5	10																																																	
	82		3.5	8																																																	
	Igualización		82	3.5	8																																																
Acondicionamiento	75	10.0	-																																																		
Enfriamiento	30	10.0	-																																																		
Tiempo de secado	Madera de 2,54 cm de espesor con un contenido de humedad inicial de 137,49% presenta un tiempo de secado de 143 horas para llegar al 10,4%, lo que significa una velocidad de secado de 0,91%/hora, incrementando y disminuyendo este tiempo con el aumento o decrecimiento del espesor de la madera, respectivamente.																																																				
Calidad del secado	Las rajaduras o grietas ocurren hasta el 20% de las piezas luego del secado, sin embargo esta no alcanzan longitudes superior a 2 cm. En cuanto a la arqueadura por el secado se tiene que no aumenta ni disminuye o aparece en nuevas tablas por el secado. El defecto de torceduras (aladeo, encorbadura, acanalado y encorvadura), las piezas que presentaban este defecto antes del secado se incrementan ligeramente, no obstante su magnitud es inferior a 5 mm.																																																				



Calidad de madera seca al horno, se observan pocas rajaduras y torceduras en la tablas



Presencia de rajaduras longitudinales asociado a la médula, luego del secado



Grietas en madera seca, asociado a la presencia de medula

## 11. Preservación de la madera

Preservación	Descripción								
Tratamiento de difusión	<p>La preservación con la inmersión-difusión con sales de boro, se obtiene una penetración total del preservante en la madera en periodos menor a 30 días. La madera preservada por este método es recomendable para uso de interiores (sin incidencia de agua). La siguiente tabla muestra el tiempo de difusión recomendado de esta especie para diferentes espesores y alcanzar una penetración del 100%.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th><i>Espesor (cm)</i></th> <th><i>Tiempo difusión (días)</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,5</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>3,8</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>5,0</td> <td>28</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Espesor (cm)</i>	<i>Tiempo difusión (días)</i>	2,5	21	3,8	25	5,0	28
<i>Espesor (cm)</i>	<i>Tiempo difusión (días)</i>								
2,5	21								
3,8	25								
5,0	28								
Tratamiento a presión	<p>Con el tratamiento a presión, se logra una penetración vascular y parcial regular en la albura, mientras que en el duramen la penetración es nula. La absorción del preservante en la madera es de 198,1 litros/m<sup>3</sup> y la retención es de 4,0 kg/m<sup>3</sup>. La madera preservada con el método vacío-presión (preservante Wolmanit CX-10®), que se clasifica como riesgo Clase 2, se recomienda para uso bajo techo y temporalmente humedecida.</p>								



Penetración irregular en un poste compuesto de madera de albura (el color azul indica las zonas donde esta presente el preservante)



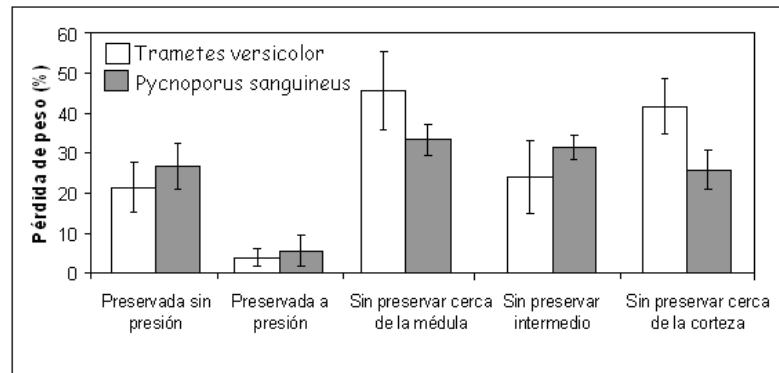
Madera cubierto con plástico durante el período de almacenamiento en la preservación con sales de boro



Penetración de las sales de boro con 28 días de almacenamiento (el color rojo indica la penetración del preservante)

## 12. Durabilidad de la madera

Tipo de ataque	Descripción
Hongos	Según ensayos de durabilidad natural, realizados bajo la norma ASTM D 2017-84 (1994) y utilizando los hongos <i>Trametes versicolor</i> y <i>Pycnoporus sanguineus</i> (estándares internacionales para este tipo de ensayo), la madera de <i>jaúl preservada con boro sin presión</i> , se clasifica como resistente al ataque del hongo <i>T. versicolor</i> y moderadamente resistente al ataque de <i>P. sanguineus</i> . La <i>madera preservada a presión</i> , se clasifica como altamente resistente al ataque de ambos hongos. La <i>madera sin preservar</i> cercana a la médula se clasifica como no resistente al ataque de <i>T. versicolor</i> y moderadamente resistente al ataque de <i>P. sanguineus</i> . Finalmente, la madera obtenida de la sección intermedia y cercana a la corteza, se clasifica como moderadamente resistente al ataque de ambos hongos.
Insectos	El pochote es poco resistente al ataque de termitas de madera seca y húmeda cuando se trata de madera de alura, pero la madera duramen es resistente a este ataque de insecto. La madera de árboles adultos es más resistente al ataque de termitas, sin embargo es considerada de moderada resistencia. Para aumentar la resistencia al ataque de estos insectos es necesario preservar la madera con sales de boro.



La figura muestra la pérdida de peso en porcentaje de *Alnus acuminata* por ataque de los hongos, en madera preservada (con dos métodos) y madera sin preservar proveniente de tres posiciones distintas dentro del árbol. Se puede observar que la madera sin preservar presenta pérdidas de peso en un 34%, la preservada con boro sin presión en un 24% y la preservada a presión de un 5%.

### 13. Trabajabilidad de la madera

Operación	Descripción
Cepillado	<p><b>Clasificación:</b> de excelente desempeño, con ángulo de ataque con cuchillas de 30° y 15 ° y velocidad de alimentación de 6 m/min, logrando superficies libre de daños de un 85% . Si se aumenta la velocidad de alimentación la calidad de la superficie libre de daño podría llegar a ser inferior a 50% .</p> <p><b>Presencia de defectos:</b> cuando se utilizan velocidades de alimentación de 20 m/min y ángulo de ataque de 30° y 15°, aparece grano veloso leve y suave.</p> <p><b>Recomendación:</b> Si se desean superficies de buena calidad, es preferible utilizar ángulo de ataque de 15° ya que se tienen superficies libre de daños superior al 90% y con velocidades bajas cercanas a los 6 m/min.</p>
Lijado	<p><b>Clasificación:</b> es muy fácil de lijar, hay un embotamiento y desgaste normal de la lija. La superficie que se lija no se calienta.</p> <p><b>Presencia de defectos:</b> Se presentan pequeñas marcas de lijas, menor al 5% .</p> <p><b>Recomendación:</b> preferiblemente empezar a lijar con #60 para eliminar los defectos del cepillado y dar el acabado final con lija #100 para lograr superficies de buena calidad.</p>
Taladrado	<p><b>Clasificación:</b> con broca para metal la velocidad con que se obtiene el orificio es alta pero la calidad de la superficie taladrada es regular. Con la broca para madera se logran orificios de excelente calidad, pero la penetración de la broca es lenta.</p> <p><b>Defectos:</b> con broca para madera se observa que en la parte donde sale la broca ocurre un astillamiento de la superficie y grano arrancado. En el caso de la broca de metal genera superficie de baja calidad, se dañan hasta un 75% de la superficie con grano arrancado.</p> <p><b>Recomendación:</b> para obtener orificios de calidad es preferible utilizar la broca de madera en vez de la broca de metal. Para aumentar la eficiencia en la penetración del taladro se recomiendan revoluciones sobre 1000 rpm.</p>



Superficie libre de daños obtenida después del cepillado



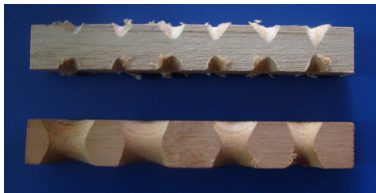
Calidad de lijado excelente para esta especie



Superficie rasgada a la salida de la broca para madera, pero los orificios taladrados son de excelente calidad

### 13. Trabajabilidad de la madera (continuación)

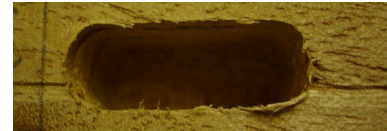
	Descripción
Torneado	<p><b>Clasificación:</b> Resulta de excelente calidad cuando se introduce la gubia de forma horizontal, pero al inclinar la gubia el corte pierde calidad hasta en un 50% .</p> <p><b>Presencia de defectos:</b> se visualiza grano arrancado leve cuando la gubia se introduce inclinada.</p> <p><b>Recomendación:</b> El pochote resulta ser bueno para el torneado, debe prestarse atención al filo de las gubias.</p>
Moldurado	<p><b>Clasificación:</b> La calidad del moldurado que se obtiene en esta especie es muy buena a excelente.</p> <p><b>Presencia de defectos:</b> en algunas ocasiones se presenta superficie con grano vellosa leve y escaso.</p> <p><b>Recomendación:</b> Esta especie es apta para esta operación de maquinado.</p>
Escopleado	<p><b>Clasificación:</b> La calidad del escopleado es muy buena.</p> <p><b>Presencia de defectos:</b> en la superficie de los orificios se presentan grano vellosa leve, pero de mediana abundancia.</p> <p><b>Recomendación:</b> Apta para este tipo de trabajo en todos los cortes.</p>



Superficies obtenidas torneadas con gubia ingresando en forma inclinada y horizontal



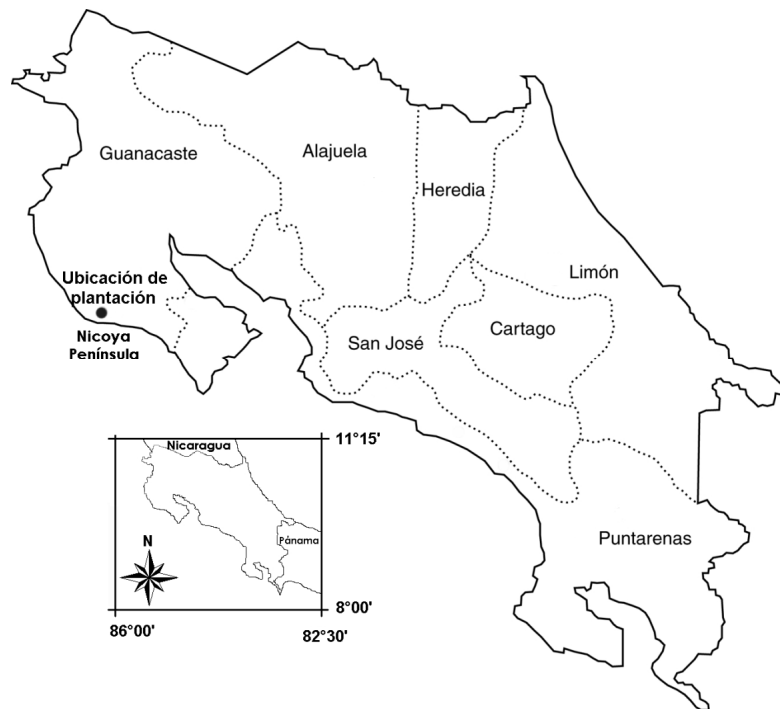
Superficie moldurada de muy buena calidad en pochote



Orificio escopleado con presencia de vellos en la superficie

#### 14. Procedencia del material

Fue utilizado para generar la anterior información una plantación de 15 años de edad, propiedad de la empresa Maderas Preciosas de Centroamérica S.A. (MACORI) ubicada en la localidad de Garza cantón de Nicoya en la provincia de Guanacaste (N 09 55' 06"-W 86° 32' 25"). Fueron seleccionado 17 árboles de la plantación y fueron cortado justamente en el momento de realizar el tercer raleo. La plantación fue plantada a un densidad inicial de 1100 árboles hectárea (espaciamento de 3 x 3 m), y hasta el momento fue aplicado un raleo sanitario y 1 raleo del 50% a la edad de 7 años. Las condiciones en el momento del muestreo fueron de: densidad de plantación de 240 árboles hectárea<sup>-1</sup>, altura comercial de 21,6 metros, diámetro altura del pecho de 31,3 cm.



Ubicación geográfica de la plantación de pochote de 17 años de edad, Guanacaste, Costa Rica.

# Ciprés

---

Nombre científico	Familia
<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Cupresaceae

---

## 1. Aprovechamiento de plantaciones

Característica	Descripción
Facilidad de corte	Es moderadamente fácil de cortar y es recomendable el corte de tipo dirección abierta, conocido como tradicional. Es frecuente encontrar plantaciones en sitios de alta inclinación por lo que es recomendable utilizar el corte al revés "Humboldt" en estos sitios. Se debe tener precauciones con la cantidad de ramas ya que dificulta la caída natural o bien es propensa a quedar prensado entre árboles en el momento de la corta.
Caída natural	El desarrollo de la copa en ocasiones dificultad decidir la caída natural, así como el entrelace que ocurre entre los árboles en plantaciones de alta densidad.
Dirección de caída	Se dificulta por el desarrollo de las ramas que son muy abundantes, se debe tener precaución y en muchos casos es difícil evitar daños en árboles vecinos.
Desafilado de sierras	En general es de fácil corte, con pocos problemas de desafilado o embotamiento de la cadena de motosierra. Es necesario al final del día en plantaciones viejas limpiar la motosierra y afilado regular.
Susceptibilidad a quebraduras	No se presentan problemas, debido que el desarrollo de las ramas amortigua la caída.
Fisonomía del fuste	El árbol presenta alta frecuencia de ramas y por lo general en la parte inferior es de alta conocida y presencia de pequeñas gambas. Trozas de un segundo raleo presentaron las siguientes características: una cantidad de nudos de 6,7 por metro, con achatamiento de 84%, una conicidad de 1,01% y porcentaje de curvatura de 2,74% y excentricidad de medula de 12,5% siendo la troza circular, con poca variación del diámetro entre uno y otro lado y de poca curvatura.
Trozas por árbol	La cantidad de trozas que pueden extraer varía entre 3 a 7 trozas/árbol dependiendo de la rectitud del fuste.
Frecuencia de ramas	Alta frecuencia en la parte superior (5-12 ramas/metro lineal en la copa) y en la base si la plantación fue bien maneja da esta cantidad puede que disminuya.
Operación de desrame	La operación conlleva mucho tiempo, no solo por la cantidad de ramas que presenta si no que es difícil caminar por el fuste mientras se realiza esta operación.



Operación de corta de de árboles en plantación



Operación de derrame, observe la cantidad de ramas



Operación de arrastre con tractor agrícola

## 2. Transporte y durabilidad de trozas

Característica	Descripción
Troceo	El troceo es considerado como fácil, la especie no presenta tensiones de crecimiento que afecten esta operación.
Acarreo	El transporte de las trozas de diámetro medio al sitio de acopio se puede realizar por medio de la fuerza humana, sin embargo se debe tener cuidado con los nudos dejados por las ramas. Las trozas de 2,5 m de largo, 20 cm de diámetro promedio y 810 kg/m <sup>3</sup> de densidad en condición verde, poseen un peso aproximado de 64 kg cada una, el cual puede transportarse fácilmente por una sola persona a una distancia razonable.
Apilado	La operación es sencilla de realizar si el derrame está hecho adecuadamente. Esto permite que las trozas se acomoden fácilmente. No ocurre un deslizamiento entre ellas, debido a que la corteza presenta superficie rugosa, influenciada por los nudos.
Durabilidad de trozas	La durabilidad del duramen puede ser hasta de un año, sin embargo la albura puede ser fácilmente atacada por hongos o insectos, afectando la calidad de la madera aserrada. Este problema se acentúa aun más en el periodo de lluvia. Además en las trozas ocurre un rápido desprendimiento de la corteza dejando al descubierto la troza y produciendo rajaduras longitudinales de las trozas.



Operación de corte en el extremo inferior del fuste para el troceo



Operación de troceo del fuste



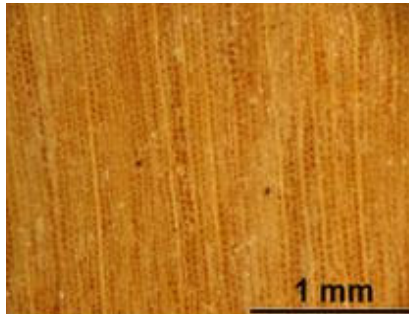
Deterioro de trozas en patio de troza luego de un año, sin presencia de corteza y presencia de rajaduras longitudinales

### 3. Descripción general y macroscópica de la madera

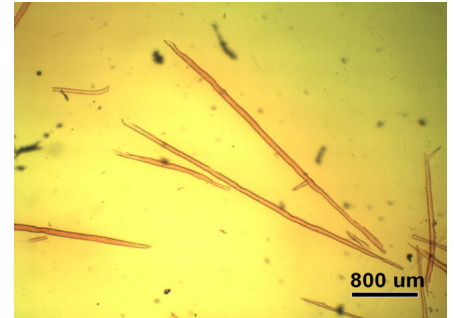
Descripción	Detalle
General	<p><i>Color:</i> hay una ligera marcación entre la albura y el duramen. En la condición seca el duramen presenta un color pardo amarillento claro (10YR 8/4) y la albura un color blanco (10YR 8/2). <i>Textura:</i> fina. <i>Olor:</i> característico. <i>Sabor:</i> imperceptible o indistintivo. <i>Brillo:</i> ligero. <i>Veteado:</i> denso. <i>Tipo de grano:</i> recto. <i>Anillos de crecimiento:</i> existe marcación de anillos de crecimiento por presencia de leño tardío y leño temprano. <i>Densidad:</i> en condición seca al aire presenta una densidad de 0,58 g/cm<sup>3</sup>, por lo que es considera como madera moderadamente pesada.</p>
Macroscópica	<p><i>Parénquima radial:</i> poco visible a aumento de 10X, muy frecuentes, de tamaño pequeño y no estratificados.</p>



Corte tangencial longitudinal



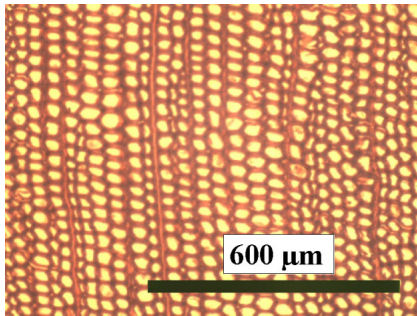
Corte transversal macroscópico



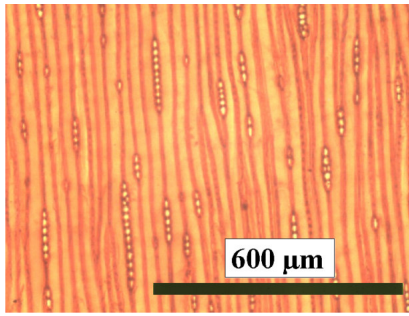
Fibra y parénquima

#### 4. Descripción microscópica de la madera

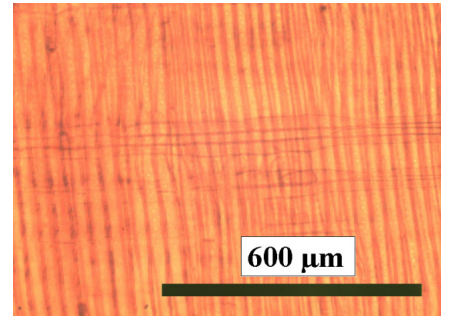
Descripción microscópica	Detalle
Traqueidas	<p><i>Dimensiones:</i> traqueas cortas a medio: promedio de 2,92 mm (4,18-1,95 mm); diámetro promedio de 42,76 <math>\mu\text{m}</math> (30,00-56,00 <math>\mu\text{m}</math>); diámetro promedio de lumen de 34,91 <math>\mu\text{m}</math> (23,01-47,01 <math>\mu\text{m}</math>); fibra con pared celular delgada (el doble de la pared celular menos que el diámetro del lumen en sentido radial) de 3,93 <math>\mu\text{m}</math> (2,81-6,26 <math>\mu\text{m}</math>). <i>Puntuaciones en la pared radial:</i> predominantemente uniseriadas, diámetro de las puntuaciones: promedio 16,25 <math>\mu\text{m}</math> (13,55-18,17 <math>\mu\text{m}</math>). <i>Torus:</i> no definido. <i>Depósitos orgánicos:</i> no observados. <i>Espacios intercelulares:</i> se observan en algunas partes. <i>Scalloped (festeoneado):</i> ausente. <i>Puntuación con borde notado:</i> ausentes. <i>Extensiones del torus:</i> ausentes. <i>Pared rugosa:</i> ausentes. <i>Presencia de cristales:</i> ausentes. <i>Paredes helicoidales:</i> ausentes.</p>
Parénquima radial	<p><i>Tipo:</i> regularmente estratificado. <i>Dimensiones:</i> radios uniseriados de 9 (4-15) células en altura, diámetro promedio 259,26 (115,3-419,34) <math>\mu\text{m}</math>, de 18,23 (12,95- 24,56) <math>\mu\text{m}</math> en ancho. <i>Frecuencia:</i> mediana, de 7,4 (5,6-8,9)/mm. <i>Tipo de células:</i> homocelulares procumbentes. <i>Presencia de cristales:</i> alta, tipo alargados de oxalato de calcio.</p>
Parénquima axial	<p><i>Tipo:</i> difuso (muy escaso distribuido a través de anillo de crecimiento). <i>Pared terminal transversal:</i> de grueso irregular.</p>



Corte transversal



Corte tangencial-longitudinal



Corte radial-longitudinal

## 5. Propiedades físicas de la madera

Propiedad física	Condición
Densidad	Verde: 0,81 g/cm <sup>3</sup> (0,09 / 10,95) Seca al aire: 0,60 g/cm <sup>3</sup> (0,07 / 11,74) Seca al horno: 0,54 g/cm <sup>3</sup> (0,07 / 12,28)
Peso específico	Básico: 0,49 (0,06 / 12,15) Seco al aire: 0,52 (0,06 / 12,29) Seco al horno: 0,55 (0,06 / 11,53)
Contenido de humedad inicial	Verde: 65,99 % (15,49 / 23,47)
Capacidad calórica	Verde a 200%: 6051 KJ/kg (1463 / 24,18) Seco a 12%: 16188 KJ/kg (1648 / 10,18)
Contracción radial	Verde al 12% (normal): 1,61 % (0,56 / 35,10) Verde al 0% (total): 3,34 % (0,88 / 26,46)
Contracción tangencial	Verde al 12% (normal): 2,78 % (0,49 / 17,54) Verde al 0% (total): 5,31 % (0,65 / 12,23)
Contracción volumétrica	Verde al 12% (normal): 5,07 % (0,68 / 13,34) Verde al 0% (total): 9,92 % (5,70 / 57,46)
Razón contracción T/R	Verde al 12% (normal): 1,87 (0,59 / 31,54) Verde al 0% (total): 1,67 (0,38 / 22,65)

Notas:

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los número entre paréntesis representan el coeficiente de variación y la desviación estándar

Razón de contracción T/R: relación contracción tangencial / contracción radial

## 6. Propiedades mecánicas de la madera

Propiedad mecánica	Condición
Esfuerzo máximo compresión paralela a la fibra	Verde: 122,12 kg/cm <sup>2</sup> (47,58 / 38,97) Seca: 150,30 kg/cm <sup>2</sup> (22,79 / 15,16)
Esfuerzo máximo compresión perpendicular a la fibra	Verde: 184,77 kg/cm <sup>2</sup> (38,70/ 20,94 ) Seca: 228,65 kg/cm <sup>2</sup> (36,75 / 16,07)
Esfuerzo máximo tensión paralela a la fibra	Verde: 509,05 kg/cm <sup>2</sup> (202,68 / 39,82 ) Seca: 496,30 kg/cm <sup>2</sup> (186,89 / 37,66)
Flexión estática (1 carga)	Modelo de Ruptura (MOR) Verde: 476,36 kg/cm <sup>2</sup> (60,20 / 12,64 ) Seca: 721,72 kg/cm <sup>2</sup> (653,25 / 90,51)
	Modulo de elasticidad (MOE)*1000 Verde: 61,707 kg/cm <sup>2</sup> (17197,64 / 27,87 ) Seca: 116,1507 kg/cm <sup>2</sup> (199028,49 / 171,35)
Esfuerzo máximo cortante paralela a la fibra	Sentido tangencial Verde: 75,17 kg/cm <sup>2</sup> (7,92 / 10,53 ) Seca: 95,63 kg/cm <sup>2</sup> (11,99 / 12,54)
	Sentido radial Verde: 66,37 kg/cm <sup>2</sup> (6,96 / 10,49 ) Seca: 89,33 kg/cm <sup>2</sup> (13,35 / 14,94)
Esfuerzo máximo tensión perpendicular a la fibra	Sentido tangencial Verde: 15,96 kg/cm <sup>2</sup> (22,56 / 141,31) Seca: 14,01 kg/cm <sup>2</sup> (5,35 / 38,23)
	Sentido radial Verde: 13,95 kg/cm <sup>2</sup> (23,08 / 165,42 ) Seca: 14,01 kg/cm <sup>2</sup> (3,96 / 28,25)

**Notas:**

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los número entre paréntesis representan el coeficiente de variación y la desviación estándar  
18 muestras ensayadas por cada propiedad mecánica

## 6. Propiedades mecánicas de la madera (continuación)

Propiedad mecánica	Condición
Esfuerzo máximo clavaje	Sentido tangencial Verde: 3,69 kg/cm <sup>2</sup> (0,65 / 17,71 ) Seca: 2,23 kg/cm <sup>2</sup> (0,80 / 35,85)
	Sentido radial Verde: 3,71 kg/cm <sup>2</sup> (0,53 / 14,20 ) Seca: 2,63 kg/cm <sup>2</sup> (0,50 / 18,96)
Dureza Janka	Sentido axial Verde: 185,01 kg (20,95 / 11,33 ) Seca: 194,62 kg (55,35 / 28,44)
	Sentido lateral Verde: 166,98 kg (27,88 / 16,70 ) Seca: 180,95 kg (39,11 / 21,61)
Extracción de clavos	Sentido axial Verde: 33,34 kg (8,16 / 24,48 ) Seca: 36,44 kg (10,52 / 28,87)
	Sentido lateral Verde: 53,72kg (11,53 /21,47 ) Seca: 47,05 kg (15,33 / 32,58)

**Notas:**

La condición verde está sobre el Punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de Contenido de humedad.




Los número entre paréntesis representan el Coeficiente de variación y la Desviación estándar (CV y DS)

18 muestras ensayadas por c/propiedad mecánica




## 7. Propiedades químicas de la madera

Propiedades químicas	Composición	
Composición global	Holocelulosa	% ()
	Lignina	% ()
	Cenizas	0,196 % (0,01/ 7,58)
	Sílice	1,5 ppm (3,33/71,29)
Análisis químico elemental	Nitrógeno	0,33 % (0,02 / 0,05)
	Fósforo	0,00 % (0,00 / 0,00)
	Calcio	0,06 % (0,01 / 0,09)
	Magnesio	0,00 % (0,00 / 0,00)
	Potasio	0,02 % (0,01 / 0,35)
	Azufre	0,01 % (0,00 / 0,00)
Análisis químico elemental	Hierro	36,70 mg/kg (11,70 / 0,32)
	Cobre	1,00 mg/kg (0,00 / 0,00)
	Zinc	0,00 mg/kg (0,00 / 0,00)
	Manganeso	0,00 mg/kg (0,00 / 0,00)
	Boro	1,67 mg/kg (0,58 / 0,35)
Solubilidades	NaOH (al 1%)	11,84 % (1,45 / 12,24)
	H2O caliente	8,01 % (1,27 / 15,87)
	H2O fría	4,29 % (1,03 / 24,01)
	Diclorometano	4,61 % (1,69 / 36,65)
	Tolueno-alcohol	2,21 % (0,99 / 44,54)
pH	4,92 (0,04 / 0,74)	

## 8. Desempeño y calidad de aserrío de la madera

Aserrío	Descripción												
Desempeño en aserrío	Las trozas de pequeño diámetro presentan en general un buen comportamiento, con presencia de tensiones de crecimiento en trozas pequeñas y de árboles muy joven, produciendo madera aserrada con pandeos o torceduras. La alta presencia nudos en la corteza hace que se produzca desgaste ligeramente excesivo de las herramientas de cortes. Así mismo es frecuente que las corteza se desprenda de la troza en el momento de aserrío.												
Calidad de la madera	En el proceso de aserrío de trozas provenientes de plantaciones forestales se producen algunos problemas relacionados a las torceduras y rajaduras de las tablas, debido a la presencia de tensiones de crecimiento y abundancia de nudos. En tablas luego del proceso de aserrío se encontró que las grietas estuvieron presente en el 26,53% de las tablas (longitud media de 2,53 cm), las rajaduras están presente en 54,08% de las piezas (longitud media de 3,60 cm), el acanalado no fue encontrado en madera de 7,5 cm de ancho, la arqueadura tampoco fue encontrada en la madera de 7,5 cm de ancho, el 83,67% de las tablas con problemas de encorvadura (en promedio 4,99 mm de flecha) y el 4,08% con problemas de aladeo (promedio de 0,13 mm).												
Rendimiento de la madera	<p>El rendimiento oscila entre 30 y 60% dependiendo de las dimensiones de la madera aserrada y las dimensiones de las trozas. Aunque la madera por lo general presenta muchos nudos, esta es fácilmente comercializable en el mercado. La siguiente tabla muestra algunos resultados de rendimientos obtenido es trozas de ciprés:</p> <table border="1" data-bbox="711 884 1166 1079"> <thead> <tr> <th><i>Diámetro (cm)</i></th> <th><i>Rendimiento (%)</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15-20</td> <td>20-25</td> </tr> <tr> <td>20-25</td> <td>20-40</td> </tr> <tr> <td>25-30</td> <td>30-50</td> </tr> <tr> <td>30-35</td> <td>50-55</td> </tr> <tr> <td>Mayor a 35 cm</td> <td>50-65</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Diámetro (cm)</i>	<i>Rendimiento (%)</i>	15-20	20-25	20-25	20-40	25-30	30-50	30-35	50-55	Mayor a 35 cm	50-65
<i>Diámetro (cm)</i>	<i>Rendimiento (%)</i>												
15-20	20-25												
20-25	20-40												
25-30	30-50												
30-35	50-55												
Mayor a 35 cm	50-65												
 <p>Proceso de aserrío con aserradero convencional</p>	 <p>Alta incidencia de nudos que afectan el proceso de aserrío</p>  <p>Madera aserrada mostrando los nudos en la madera aserrada</p>												

## 9. Secado al aire de la madera

Parámetro	Descripción																												
Clasificación	El ciprés proveniente de plantaciones jóvenes es considerado como de velocidad de secado moderado en relación con otras especies de plantación, no obstante al considera como referencia la norma COPAN (1972) es de rápido secado ya que en espesores menor a 7,5 cm se tienen tiempos de secado inferior a 100 días y esta norma que establece que especies de madera con periodos de secado menor a 100 días son de rápido secado.																												
Tiempo de secado	<p>La madera de ciprés presenta una razón de secado que oscila entre 0,85 y 4,72% /día y tiempos para alcanzar el 20% de contenido de humedad entre 17 y 70 días para los diferentes espesores. La siguiente tabla muestra los parámetros de secado al aire para cebo de diferentes espesores.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Espesor (cm)</th> <th>Chi (%)</th> <th>Número de días*</th> <th>Razón de secado (%/día)**</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,2</td> <td>100.18</td> <td>17</td> <td>4.72</td> </tr> <tr> <td>2,5</td> <td>102.80</td> <td>32</td> <td>2.59</td> </tr> <tr> <td>3,8</td> <td>111.03</td> <td>39</td> <td>2.33</td> </tr> <tr> <td>5,0</td> <td>80.00</td> <td>45</td> <td>1.77</td> </tr> <tr> <td>6,2</td> <td>102.78</td> <td>75</td> <td>1.10</td> </tr> <tr> <td>7,5</td> <td>79.24</td> <td>70</td> <td>0.85</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">**Contenido de humedad inicial (Chi) / *Número de días para alcanzar 20% de CH</p>	Espesor (cm)	Chi (%)	Número de días*	Razón de secado (%/día)**	1,2	100.18	17	4.72	2,5	102.80	32	2.59	3,8	111.03	39	2.33	5,0	80.00	45	1.77	6,2	102.78	75	1.10	7,5	79.24	70	0.85
Espesor (cm)	Chi (%)	Número de días*	Razón de secado (%/día)**																										
1,2	100.18	17	4.72																										
2,5	102.80	32	2.59																										
3,8	111.03	39	2.33																										
5,0	80.00	45	1.77																										
6,2	102.78	75	1.10																										
7,5	79.24	70	0.85																										
Calidad del secado	<p><i>Grieta y rajaduras:</i> en nudo de ciprés se produce grietas y en los extremas de la tablas se producen grietas y rajaduras que muchos casos no sobrepasan el centímetro de longitud: Los defectos de arqueadura, acanalado, encorvadura o aladeo son poco frecuentes, si la madera esta libre de nudos. En tablas con arqueadura y encorvadura producidas en el aserrío no se acentúan con el secado de la madera.</p> <p><i>Colapso:</i> en algunas ocasiones se presentan, pero en muy baja incidencia, siendo asociada a los nudos y en madera joven.</p> <p><i>Manchas:</i> la región de la albura se produce manchas cuando hay incidencia de la lluvia durante el secado.</p>																												
  																													
<p>Pila de secado al aire de ciprés protegida de la lluvia y los rayos      Apilado de la madera de ciprés de tablas por lo ancho      Rajaduras en madera seca asociada a los nudos</p>																													

## 10. Secado al horno de la madera

Parámetro	Descripción	Programa de secado recomendado																																																
Clasificación	Es considerado de lento secado y con moderado problemas en rajaduras, grietas, torceduras y pandeos e incluso en madera muy joven se presenta colapso.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etapa</th> <th>T (°C)</th> <th>CHE</th> <th>HR (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Calefacción</td> <td>35</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>17.6</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>43</td> <td>17.6</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td rowspan="6">Secado</td> <td>43</td> <td>16.3</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>43</td> <td>13.6</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>49</td> <td>9.9</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>54</td> <td>5.7</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>54</td> <td>10.5</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>8.0</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Igualización</td> <td>70</td> <td>6.5</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>70</td> <td>7.5</td> <td>11.8</td> </tr> <tr> <td>Acondicionamiento</td> <td>60</td> <td>7.5</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Enfriamiento</td> <td>30</td> <td>7.5</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p>T: Temperatura (°C) HR: Humedad Relativa (%)            CHE: Contenido de Humedad en Equilibrio (%)            Fuente: programa T3-C2 de Sydney et al. 1988</p>	Etapa	T (°C)	CHE	HR (%)	Calefacción	35	-	-	40	17.6	-	43	17.6	45	Secado	43	16.3	40	43	13.6	35	49	9.9	30	54	5.7	25	54	10.5	20	60	8.0	15	Igualización	70	6.5	12	70	7.5	11.8	Acondicionamiento	60	7.5	-	Enfriamiento	30	7.5	-
Etapa	T (°C)		CHE	HR (%)																																														
Calefacción	35		-	-																																														
	40		17.6	-																																														
	43		17.6	45																																														
Secado	43		16.3	40																																														
	43		13.6	35																																														
	49		9.9	30																																														
	54		5.7	25																																														
	54		10.5	20																																														
	60	8.0	15																																															
Igualización	70	6.5	12																																															
	70	7.5	11.8																																															
	Acondicionamiento	60	7.5	-																																														
Enfriamiento	30	7.5	-																																															
Tiempo de secado	Madera de 2,54 cm de espesor con un contenido de humedad inicial de 91,91% presenta un tiempo de secado de 274 horas para llegar al 11,80%, lo que significa una velocidad de secado de 0,31%/hora, incrementando y disminuyendo este tiempo con el aumento o decrecimiento del espesor de la madera, respectivamente.																																																	
Calidad del secado	Las rajaduras o grietas ocurren alrededor del 60% de las piezas luego del secado, sin embargo esta no alcanzan longitudes superior a 2 cm. En cuanto a la arqueadura por el secado se tiene que no se produce por el secado. El defecto de aladeo, encorvadura y acanalado es frecuente encontrar en madera de plantaciones.																																																	



Madera de ciprés en proceso de secadora convencional


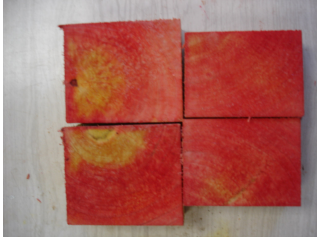



Presencia de rajaduras en los extremos de las tablas



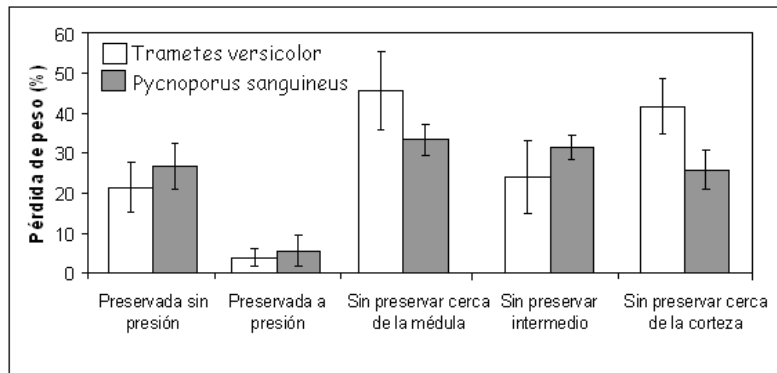
Presencia acanalado en la madera aserrada luego del secado

## 11. Preservación de la madera

Preservación	Descripción														
Tratamiento de difusión	<p>La madera preservada por el método inmersión-difusión con sales de boro se logro una penetración total del preservante en la madera en madera piezas compuestas en su totalidad de madera de albura en un periodo inferior a 5 días. En tanto que la madera con duramen la difusión es más lenta, logrando solamente una penetración de en promedio de 4 mm en un periodo de 40 días, se observó que llega la penetración total después de 120 días. Algunos tiempos estimado para el duramen son:</p> <table border="1" data-bbox="781 485 1172 764"> <thead> <tr> <th><i>Espesor (cm)</i></th> <th><i>Tiempo difusión (días)</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,2</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>2,5</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>3,8</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>5,0</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td>6,2</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>7,5</td> <td>120</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Espesor (cm)</i>	<i>Tiempo difusión (días)</i>	1,2	50	2,5	55	3,8	70	5,0	85	6,2	100	7,5	120
<i>Espesor (cm)</i>	<i>Tiempo difusión (días)</i>														
1,2	50														
2,5	55														
3,8	70														
5,0	85														
6,2	100														
7,5	120														
Tratamiento a presión	<p>Con el tratamiento a presión, se logra una penetración nula en la albura y duramen, limitado a una zona superficial o en los sitios donde se presenten grietas en la pieza, que si permiten el ingreso del preservante en la madera, pero de poca penetración. La absorción del preservante en la madera es de 103,3 litros/m<sup>3</sup> y la retención es de 2,1 kg/m<sup>3</sup>. La madera preservada con el método vacío-presión (preservante Wolmanit CX-10®), que se clasifica como riesgo Clase 1, se recomienda para uso bajo techo y constantemente seca.</p>														
 <p>Penetración de sales de boro a 5 días de empezado la difusión limitándose al albura (el color rojo indica la penetración del preservante)</p>	 <p>Penetración de sales de boro a 120 días de empezado la difusión limitándose al albura (el color rojo indica la penetración del preservante)</p>	 <p>Penetración casi nula en madera de albura y duramen (el color azul indica la penetración del preservante) principalmente en las zonas de la grietas</p>													

## 12. Durabilidad de la madera

Tipo de ataque	Descripción
Hongos	Según ensayos de durabilidad natural, realizados bajo la norma ASTM D 2017-84 (1994) y utilizando los hongos <i>Trametes versicolor</i> y <i>Pycnoporus sanguineus</i> (estándares internacionales para este tipo de ensayo), la madera de <i>jaúl preservada con boro sin presión</i> , se clasifica como resistente al ataque del hongo <i>T. versicolor</i> y moderadamente resistente al ataque de <i>P. sanguineus</i> . La <i>madera preservada a presión</i> , se clasifica como altamente resistente al ataque de ambos hongos. La <i>madera sin preservar</i> cercana a la médula se clasifica como no resistente al ataque de <i>T. versicolor</i> y moderadamente resistente al ataque de <i>P. sanguineus</i> . Finalmente, la madera obtenida de la sección intermedia y cercana a la corteza, se clasifica como moderadamente resistente al ataque de ambos hongos.
Insectos	El ciprés es poco resistente al ataque de termitas de madera seca y húmeda, en especies cuando se trata de madera procedente de árboles muy jóvenes (menor a 10 años). La madera de árboles adultos es ás resistente al ataque de terminas, sin embargo es considerada de moderada resistencia. Para aumentar la resistencia al ataque de estos insectos es necesario preservar la madera con sales de boro.



La figura muestra la pérdida de peso en porcentaje de *Alnus acuminata* por ataque de los hongos, en madera preservada (con dos métodos) y madera sin preservar proveniente de tres posiciones distintas dentro del árbol. Se puede observar que la madera sin preservar presenta pérdidas de peso en un 34%, la preservada con boro sin presión en un 24% y la preservada a presión de un 5%.

### 13. Trabajabilidad de la madera

Operación	Descripción
Cepillado	<p><b>Clasificación:</b> de excelente calidad cuando se utiliza ángulo de ataque en cuchilla de 30° y velocidad de alimentación de 6 y 20 m/min, logrando una superficie libre de daño hasta de 88% . Si se utiliza cuchillas en 15 ° con velocidad de 20 m/min la superficie libre de defectos es hasta del 85% .</p> <p><b>Presencia de defectos:</b> se presenta madera con vello leve combinado con granoarrancado, también leve. Estos defectos pueden alcanzar en máximo del 20% de la superficie de la pieza.</p> <p><b>Recomendación:</b> Esta especie tolera cepillado con cuchillas en dos ángulos de ataque de 15° y 30° y se logra excelentes superficies de cepillado con velocidades de avance de 20 m/min</p>
Lijado	<p><b>Clasificación:</b> es muy fácil de lijar, hay un embotamiento y desgaste normal de la lija. La superficie que se lija se calienta y alcanza temperaturas medias, entre 34 °C y 37 °C.</p> <p><b>Presencia de defectos:</b> en algunas regiones de la superficie lijada se pueden observar marcas de lija y también de vez en cuando alguna vellosidad ligera</p> <p><b>Recomendación:</b> preferiblemente empezar a lijar con #60 para eliminar los defectos del cepillado y finalmente lijar con lija #100 para lograr superficies más fina.</p>
Taladrado	<p><b>Clasificación:</b> con broca para metal se hacen los orificios rápidamente, y la calidad de la superficie taladrada es buena. Cuando se usa la broca para madera el orificio obtenido es de excelente calidad aunque la penetración de la broca es más lenta.</p> <p><b>Defectos:</b> al hacer el orificio con broca de metal la superficie interna del orificio pierde lisura y se presenta grano arrancado leve. Se produce rasgado de fibra en el momento de ingresar el taladro.</p> <p><b>Recomendación:</b> para obtener orificios de calidad es preferible utilizar la broca de madera en vez de la broca de metal y utilizar un taladro con revoluciones sobre 1000 rpm.</p>



Superficie con grano arrancado moderado



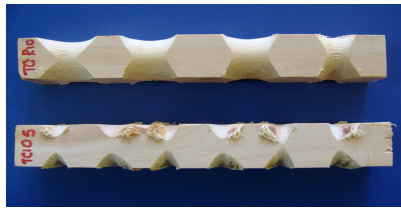
Superficie de ciprés con excelente calidad de lijado



Orificios taladrados con broca para metal de buena calidad aunque se rasga el grano al ingresar la broca

### 13. Trabajabilidad de la madera (continuación)

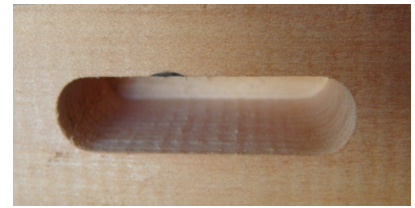
Operación	Descripción
Torneado	<p><b>Clasificación:</b> Resulta de excelente calidad cuando se introduce la gubia de forma horizontal, pero cuando se ingresa con gubia a 60° y en un plano inclinado la calidad de la superficie por el corte disminuye hasta en un 50% .</p> <p><b>Presencia de defectos:</b> se visualiza grano arrancado cuando la gubia se introduce inclinada y la superficie torneada se quema, producto del calentamiento de la misma.</p> <p><b>Recomendación:</b> especie apta para este trabajo, con los cuidados respectivos de introducir la guía inclinada</p>
Moldurado	<p><b>Clasificación:</b> La calidad del moldurado que se obtiene en esta especie es de excelente calidad.</p> <p><b>Presencia de defectos:</b> ninguno.</p> <p><b>Recomendación:</b> Esta especie es apta para este tipo de trabajo.</p>
Escopleado	<p><b>Clasificación:</b> La calidad del escopleado es excelente.</p> <p><b>Presencia de defectos:</b> ninguno.</p> <p><b>Recomendación:</b> Especie apta para este tipo de trabajo.</p>



Superficies obtenidas torneadas con gubia ingresando en forma inclinada y horizontal



Superficie moldurada de excelente calidad en ciprés

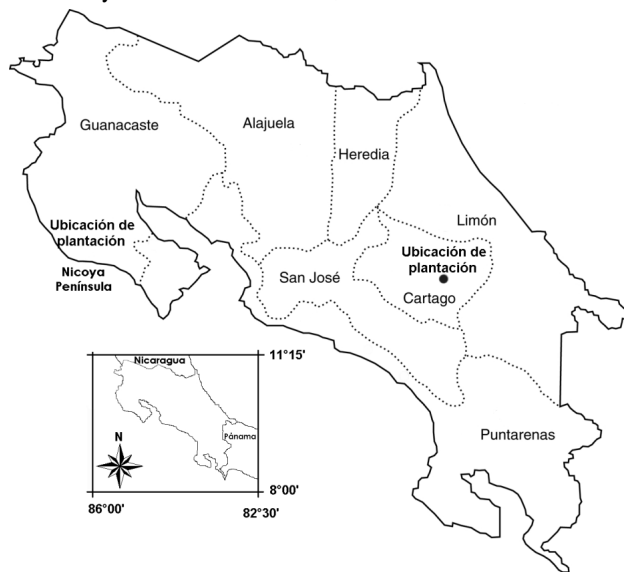


Orificio escopleado de excelente calidad en esta especie

#### 14. Procedencia del material

Para generar la información del presente reporte fue muestreada una plantación de ciprés de 14 años y un área plantada de aproximadamente 10 hectáreas de extensión, ubicada en Corralillo de Cartago; la cual se localiza entre las coordenadas geográficas  $83^{\circ} 54' 18''$  y  $83^{\circ} 53' 42''$  Oeste y  $9^{\circ} 57' 54''$  y  $9^{\circ} 58' 12''$  Norte. El sitio presenta precipitaciones de 2200 a 4000 mm anuales, temperaturas entre 6 y 12 °C y se encuentra dentro de la zona de vida bosque pluvial montano (Holdridge 1967). La parcela de muestreo presentó una topografía quebrada con pendientes entre 60% y 70%.

La plantación fue establecida a un espaciamiento de 3 x 3 metros, con una densidad de 1100 árboles/ha. Durante el desarrollo de la misma se aplicaron limpiezas anuales de la vegetación arbustiva y a las edades de 6 y 10 años se ejecutaron raleos de mantenimiento. En el momento del muestreo, la plantación tenía una edad de 14 años y una densidad de 408 árboles/ha; un diámetro promedio de 28,22 cm, una altura promedio de 19,24 m, un volumen comercial total de 238 m<sup>3</sup>/ha además y un área basal de 24,46 m<sup>2</sup>/ha.



Ubicación geográfica de la plantación de *Cupressus lusitanica* de 14 años de edad, Cartago, Costa Rica.

# Melina

---

Nombre científico	Familia
<i>Gmelina arborea</i> Kunth	Verbenaceae

---

## 1. Aprovechamiento de plantaciones

Característica	Descripción
Facilidad de corte	Dependiendo de la inclinación del terreno podría utilizarse el corte humbolt para lograr mayor rendimiento y en sitios planos utilizar el corte tradicional sin ningún problema.
Caída natural	este parámetro es susceptible al manejo de la plantación, pero presenta problemas leves en plantaciones manejadas asociado con el tamaño de la copa del árbol
Dirección de caída	Si se quisiera reducir el impacto en los vecinos o mantener las condiciones del sitio, se puede modificar sin problemas la caída natural "con Perro" siempre y cuando la plantación tenga manejo y las dimensiones de los mismos sean menores a 25 cm de diámetro.
Desafilado de sierras	El corte del árbol no embota la cadena con algún tipo de resina, y el filo de la misma se mantiene normalmente.
Susceptibilidad a quebraduras	Poco susceptible, en árboles de grandes dimensiones puede que se presente.
Fisonomía del fuste	Muy dependiente del manejo y de la genética, por lo general los árboles presentan buena forma luego de la primera troza que presenta forma irregular.
Trozas por árbol	Se obtienen de 3 a 6 trozas comerciales por árbol (4 trozas en promedio), de 2,5 m de longitud y diámetro mayor a 13 cm.
Frecuencia de ramas	Poca cantidad de ramas en el fuste
Operación de desrame	La operación de desrame se lleva a cabo fácilmente, ya que la especie no presenta una alta incidencia de ramas.



Plantación de *G. arborea* de 6 años de edad



Corte de árboles de melina en plantación de cosecha final



Ramas con corte poco adecuado y con posibles efectos en el proceso de aserrío

## 2. Transporte y durabilidad de trozas

Característica	Descripción
Troceo	El troceo es considerado de buena facilidad, no se presenta tensiones de crecimiento que afecten esta operación.
Acarreo	El transporte de las trozas al sitio de acopio se puede realizar por medio de la fuerza humana para trozas con diámetros inferior a 20 cm. Trozas de 2,5 m de largo, 20 cm de diámetro promedio y 1050 kg/m <sup>3</sup> de densidad en condición verde, poseen un peso aproximado de 82,5 kg/troza, el cual puede transportarse fácilmente por una sola persona en una distancia razonable.
Apilado	Las trozas de la base y el apilado de árbol con fuste completo, debido a su forma, es de poca facilidad de realizar un buen apilado. Ya en trozas de la parte superior es fácil de realizar un buen apilado.
Durabilidad de trozas	En la albura una vez que el árbol es cortado, si no es aprovechado en poco tiempo, se produce el ataque de insectos del tipo de "ambrosia". Las trozas dejadas en épocas secas presentan una durabilidad hasta de 6 meses, solo que ocurre un secado de la corteza, dejando susceptible al ataque de insectos la regiones sin cortezas. En época de invierno este tipo se disminuye, atacada principalmente por hongos. En ambos casos se suele degradar la parte de la albura.



Trozas de melina en patio de aserradero



Trozas de melina transportada en bloques semielaborados a un aserradero estacionario.



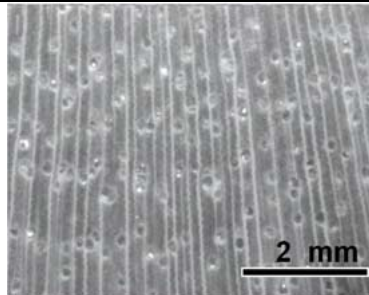
Troza de melina luego de dos años en contacto directo con el suelo.

### 3. Descripción general y macroscópica de la madera

Descripción	Detalle
General	<p><i>Color:</i> en la condición seca el duramen de color pálido (2,5Y 8/4) y zonas de color rosado (7,5YR 7/4), en tanto que la albura es de color blanco (2,5Y 8/1,5). <i>Textura:</i> de gruesa a mediana. <i>Olor:</i> imperceptible, no obstante alguno reportan como distintivo a legumbres. <i>Sabor:</i> imperceptible o indistintivo, pero algunas regiones de sur América la reportan con un olor característico a astringente. <i>Brillo:</i> moderado a brillante, en la superficie radial presenta un ligero brillo. <i>Veteado:</i> poco definido, con líneas verticales, satinado, con bandas anchas contrastadas, irregulares, algunas más oscuras. <i>Tipo de grano:</i> en general es regularmente recto a muy recto, pero en algunas ocasiones es posible encontrar grano entrecruzado. <i>Anillos de crecimiento:</i> por bandas marginales de parénquima y paredes celulares más gruesas en las fibras en especial la madera de las regiones secas y no visibles de las regiones húmedas. <i>Densidad de la madera:</i> en condición seca al aire presenta una densidad de 0,51 g/cm<sup>3</sup>.</p>
Macroscópica	<p><i>Vasos:</i> visibilidad solo con aumento de 10x, poros solitarios y múltiples de 2-3 en sentido radial. Porosidad difusa, anular y semi-anular, en muestras de árboles jóvenes se observan líneas diagonales, radiales o tangenciales de tramos cortos. <i>Sustancias presentes:</i> tálides en los vasos del duramen de color blanco. <i>Parénquima axial:</i> indistinto a simple vista y solo a un aumento de 10x; paratraqueal vasicéntrico escaso y bandas aparentemente marginales <i>Parénquima radial:</i> visible solo a un aumento de 10X, estratificación ausente y de mediana frecuencia.</p>



Corte radial longitudinal



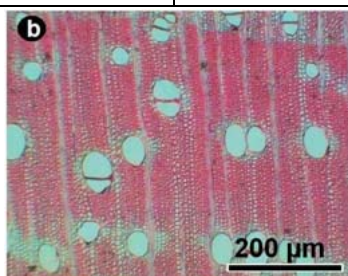
Corte transversal macroscópica



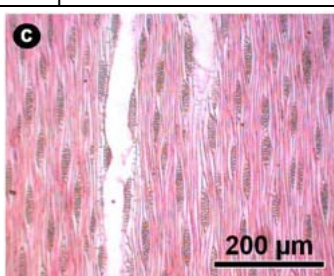
Fibra, parénquima y vaso

#### 4. Descripción microscópica de la madera

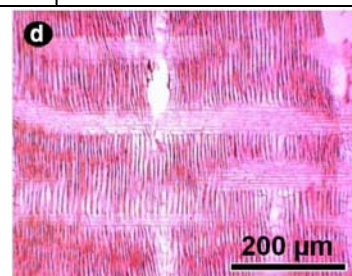
Descripción microscópica	Detalle
Vasos	<p><i>Porosidad:</i> difusa, semi-anular o anular. <i>Distribución:</i> forma líneas diagonales, radiales o tangenciales. <i>Agrupamiento:</i> exclusivamente solitarios en promedio 85,19% (72,54-93,57%) y múltiples radiales de 2-3 células. <i>Frecuencia:</i> pocos, promedio 4,5(3-6)/mm<sup>2</sup>. <i>Larga:</i> cortos, promedio 150 μm (94-342 μm). <i>Diámetro:</i> poros de diámetro medio de 189 (85-24) μm. <i>Placa de perforación:</i> Simple o multiperforada poco observable. <i>Paredes helicoidales:</i> ausentes. <i>Tilides:</i> en vasos del duramen. <i>Gomas:</i> ausentes. <i>Apéndices:</i> de tamaño medio en ambos extremos. <i>Perforaciones inter-vasculares:</i> poligonales, alternas, arredondeadas y abundantes. Diámetro promedio 4,5 μm (3,5-8,5 μm), sin ornamentaciones. <i>Puntuaciones rayos-vasculares:</i> similar a las intervasculares en forma y tamaño en células del radio. <i>Puntuaciones parénquima-vasculares:</i> similar a las intervasculares en forma y tamaño en células del radio.</p>
Fibras	<p><i>Forma:</i> fusiformes. <i>Septos:</i> de 1 a 3. <i>Estratificación:</i> no presenta. <i>Presencia de cristales:</i> en casos cristales prismáticos de oxalato de calcio. <i>Dimensiones:</i> largo promedio de 1,02 mm (0,94-1,59 mm); diámetro promedio de 35,25 μm (22,79-46,53 μm); diámetro promedio de lumen de 22,50 (12,25-35,53 μm); fibra con pared celular delgada de 4,56 (2,37-6,01 μm). <i>Puntuaciones:</i> diminutas de tipo aeroladas, en poca cantidad por fibra.</p>
Parénquima radial	<p><i>Tipo:</i> predominantemente radios múltiseriados no estratificados. <i>Dimensiones:</i> de 9(3-5) células de ancho y 14(7-27) células en altura. O de 115 μm (86- 126 μm) en ancho y altura promedio de 270 μm (100-498 μm). <i>Frecuencia:</i> de 5,6 (4-7)/mm. <i>Tipo de células:</i> heterocelulares, con fila de células cuadradas en los extremos y células procumbentes en la parte central. <i>Presencia de cristales:</i> prismáticos en cantidad media en células procumbentes y nula en células cuadradas de los extremos.</p>
Parénquima axial	<p><i>Tipo:</i> paratraqueal o vasicéntrico escaso, 1-5 células de grueso, no estratificado, células seriadas fusiformes de 5-8 por filamento. <i>Presencia de cristales:</i> prismáticos en cantidad media.</p>



Corte transversal



Corte tangencial microscópica



Corte radial microscópica

## 5. Propiedades físicas de la madera

Propiedad física	Condición
Densidad	<i>Verde:</i> 1,04 g/cm <sup>3</sup> (0,12 / 11,54) <i>Seca al aire:</i> 0,48 g/cm <sup>3</sup> (0,10 / 19,79) <i>Seca al horno:</i> 0,45 g/cm <sup>3</sup> (0,06 / 14,22)
Peso específico	<i>Verde:</i> 0,40 (0,05 / 13,17) <i>Seca al aire:</i> 0,45 (0,06 / 14,15)
Contenido de humedad inicial	<i>Verde:</i> 160% (4,73 / 21,77)
Capacidad calórica	Verde a 110% : 9860 KJ/kg Seco a 12% : 15687 KJ/kg
Contracción radial	<i>Verde al 12% (normal):</i> 2,76 % (0,38 / 13,76) <i>Verde al 0% (total):</i> 5,39% (1,47 / 25,15)
Contracción tangencial	<i>Verde al 12% (normal):</i> 5,16 % (0,73 / 14,15) <i>Verde al 0% (total):</i> 7,00% (1,63 / 23,79)
Contracción volumétrica	<i>Verde al 12% (normal):</i> 6,39% (2,01 / 27,10) <i>Verde al 0% (total):</i> 10,28% (6,62 / 29,84)
Razón contracción T/R	<i>Verde al 12% (normal):</i> 1,87 % (1,92 / 102,67) <i>Verde al 0% (total):</i> 1,42% (0,03 / 20,17)

**Notas:**

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los número entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación

Razón de contracción T/R: relación contracción tangencial / contracción radial

## 6. Propiedades mecánicas de la madera

Propiedad mecánica	Condición
Esfuerzo máximo compresión paralela a la fibra	<i>Verde:</i> 184,44 kg/cm <sup>2</sup> (30,23 / 16,47) <i>Seca:</i> 317,72 kg/cm <sup>2</sup> (58,64 / 23,30)
Esfuerzo máximo compresión perpendicular a la fibra	<i>Verde:</i> kg/cm <sup>2</sup> ( ) <i>Seca:</i> kg/cm <sup>2</sup> ( )
Esfuerzo máximo tensión paralela a la fibra	<i>Verde:</i> 37,74 kg/cm <sup>2</sup> (8,26 / 21,90) <i>Seca:</i> 46,59 kg/cm <sup>2</sup> (7,99 / 17,17)
Esfuerzo máximo tensión perpendicular a la fibra	Sentido tangencial <i>Verde:</i> kg/cm <sup>2</sup> ( ) <i>Seca:</i> kg/cm <sup>2</sup> ( )
	Sentido radial <i>Verde:</i> kg/cm <sup>2</sup> ( ) <i>Seca:</i> kg/cm <sup>2</sup> ( )
Flexión estática (1 carga)	Modelo de Ruptura (MOR) <i>Verde:</i> 389,87 kg/cm <sup>2</sup> (92,67 / 24,24) <i>Seca:</i> 502,88 kg/cm <sup>2</sup> (86,87 / 20,84)
	Modulo de elasticidad (MOE) <i>Verde:</i> 59445,90 kg/cm <sup>2</sup> (12756/21,35) <i>Seca:</i> 82911,5 kg/cm <sup>2</sup> (14986 / 18,45)
Esfuerzo máximo cortante paralela a la fibra	Sentido tangencial <i>Verde:</i> 49,61 kg/cm <sup>2</sup> (8,19 / 17,05) <i>Seca:</i> 62,74 kg/cm <sup>2</sup> (10,01 / 16,68)
	Sentido radial <i>Verde:</i> 46,28 kg/cm <sup>2</sup> (8,80 / 20,50) <i>Seca:</i> 67,50 kg/cm <sup>2</sup> (15,02 / 24,20)

**Notas:**

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.  
 La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.  
 Los número entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación  
 18 muestras ensayadas por cada propiedad mecánica

## 6. Propiedades mecánicas de la madera (continuación)

Propiedad mecánica	Condición
Esfuerzo máximo clivaje	Sentido tangencial <i>Verde:</i> kg/cm <sup>2</sup> ( <i>l</i> ) <i>Seca:</i> kg/cm <sup>2</sup> ( <i>l</i> )
	Sentido radial <i>Verde:</i> kg/cm <sup>2</sup> ( <i>l</i> ) <i>Seca:</i> kg/cm <sup>2</sup> ( <i>l</i> )
Dureza janka	Sentido axial <i>Verde:</i> 252,76 kg (60,62 / 25,36) <i>Seca:</i> 285,36 kg (51,92 / 20,85)
	Sentido lateral <i>Verde:</i> 264,80 kg (56,65 / 21,95) <i>Seca:</i> 271,28 kg (48,42 / 24,29)
Extracción de clavos	Sentido axial <i>Verde:</i> kg ( <i>l</i> ) <i>Seca:</i> kg ( <i>l</i> )
	Sentido lateral <i>Verde:</i> kg ( <i>l</i> ) <i>Seca:</i> kg ( <i>l</i> )

**Notas:**

La condición verde está sobre el Punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de Contenido de humedad.

Los número entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación  
18 muestras ensayadas por c/propiedad mecánica

## 7. Propiedades químicas de la madera

Propiedades químicas	Composición
Composición global*	Holocelulosa 61,90% Lignina 26,63% Extractos totales 7,97 % Cenizas 1,5%
Análisis químico elemental	Nitrógeno 0,24 % Fósforo 0,01 % Calcio 0,18 % Magnesio 0,03% Potasio 0,37 % Azufre 0,01 %
Análisis químico elemental	Hierro 17,79 mg/kg Cobre 2,05 mg/kg Zinc 10,94 mg/kg Manganeso 0,85 mg/kg Boro 1,62
Solubilidad	en NaOH al 1% de 20,43% en H <sub>2</sub> O caliente de 5,83% en H <sub>2</sub> O fría de 4,30%
pH	6,14

\*Información tomada de Blanco (1994)

## 8. Desempeño y calidad de aserrío de la madera

Aserrío	Descripción																				
Desempeño en aserrío	El aserrío de las trozas de melina es medianamente fácil. No produce entramientos (atascamientos) de las sierras de corte. Cuando se aserran trozas de mala calidad con sierras múltiples radiales, se producen entramientos por astillas. Cuando se utilizan sierras de cinta es necesario hacer volteos para lograr buena calidad de madera, esto por las tensiones presentes en las trozas.																				
Calidad de la madera	La liberación de tensiones de crecimiento en las trozas produce torceduras (arqueaduras y encorvaduras) en la madera aserrada. Es frecuente encontrar incidencia de madera con grano velloso o levantado, especialmente en las regiones próximas a las ramas y en trozas torcidas. Tablas luego del proceso de aserrío, se presentan grietas estuvieron presente en casi todas las tablas (longitud media de 0,71 cm), las rajaduras también están presentes (longitud de 1,4 cm) asociado a las médula, el acanalado no esta presente, el 67% de las tablas presentan arqueaduras (con 4,32 mm de flecha), el 87% de las tablas con problemas de encorvadura (en promedio 14,33 mm de flecha) y el 2% con problemas de aladeo (promedio de 0.18 mm).																				
Rendimiento de la madera	<p>El rendimiento promedio en trozas de melina puede oscilar en un rango de 40 a 50, aumenta conforme se incrementa el diámetro. La siguiente tabla muestra algunos resultados de rendimiento obtenidos en algunas estudios de rendimientos con madera de plantación-</p> <table border="1" data-bbox="558 896 1284 1108"> <thead> <tr> <th><i>Categoría de diámetro (cm)</i></th> <th><i>Cantidad de trozas</i></th> <th><i>Diámetro Promedio (cm)</i></th> <th><i>Rendimiento (%)</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10 - 15</td> <td>30</td> <td>13,88</td> <td>30-35</td> </tr> <tr> <td>15 - 25</td> <td>180</td> <td>19,11</td> <td>40-45</td> </tr> <tr> <td>20 - 25</td> <td>200</td> <td>30,45</td> <td>50-55</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><i>Promedio</i></td> <td>40-50</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Categoría de diámetro (cm)</i>	<i>Cantidad de trozas</i>	<i>Diámetro Promedio (cm)</i>	<i>Rendimiento (%)</i>	10 - 15	30	13,88	30-35	15 - 25	180	19,11	40-45	20 - 25	200	30,45	50-55	<i>Promedio</i>			40-50
<i>Categoría de diámetro (cm)</i>	<i>Cantidad de trozas</i>	<i>Diámetro Promedio (cm)</i>	<i>Rendimiento (%)</i>																		
10 - 15	30	13,88	30-35																		
15 - 25	180	19,11	40-45																		
20 - 25	200	30,45	50-55																		
<i>Promedio</i>			40-50																		



Aserrío de trozas de pequeño diámetro con sierra de cinta



Aserrío con sierra doble portátil de sable de motosierra.



Aserrío de trozas con sierra alternativa.

## 9. Secado al aire de la madera

Parámetro	Descripción																
Clasificación	La especie se clasifica como de secado muy lento.																
Tiempo de secado	<p>Piezas de 2,5 cm de grosor, secadas al aire a una temperatura promedio de 21 °C y 70% de humedad relativa, alcanzan un CH de 20% en 145 días. La siguiente tabla muestra la cantidad de días necesarios y la razón de secado para alcanzar un contenido de humedad del 20% , considerando diferentes espesores de madera aserrada de <i>G. arborea</i>.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Espesor (cm)</th> <th>CH (%)</th> <th>Número de días*</th> <th>Razón de secado (%/día)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,25</td> <td>140</td> <td>75</td> <td>1,86</td> </tr> <tr> <td>2,5</td> <td>140</td> <td>145</td> <td>0,96</td> </tr> <tr> <td>50,8</td> <td>140</td> <td>366</td> <td>0,38</td> </tr> </tbody> </table> <p>CH: Contenido de humedad inicial *Número de días para alcanzar 20% de CH.</p>	Espesor (cm)	CH (%)	Número de días*	Razón de secado (%/día)	1,25	140	75	1,86	2,5	140	145	0,96	50,8	140	366	0,38
Espesor (cm)	CH (%)	Número de días*	Razón de secado (%/día)														
1,25	140	75	1,86														
2,5	140	145	0,96														
50,8	140	366	0,38														
Calidad del secado	<p><i>Grietas</i>: madera aserrada con corte radial presenta grietas en mayor cantidad que los cortes tangenciales u oblicuos.</p> <p><i>Rajaduras</i>: piezas de madera que contienen médula presentan este problema.</p> <p><i>Arqueadura</i>: madera aserrada presenta poca cantidad y magnitud.</p> <p><i>Acanaladuras</i>: piezas de poco ancho no presentan este defecto. Madera tangencial y con ancho superior a 12 cm presenta algunos problemas.</p> <p><i>Encorvadura</i>: madera aserrada y apilada apropiadamente presenta pocos problemas. <i>Encorvadura</i> presente luego del aserrío, se puede corregir.</p> <p><i>Aladeo</i>: no se presenta en madera apilada apropiadamente.</p> <p><i>Colapso</i>: puede que se presente en madera aserrada proveniente de la parte central de la troza, parte alta del árbol o de árboles jóvenes.</p>																



Secado al aire de bloques de 7,5 cm de espesor



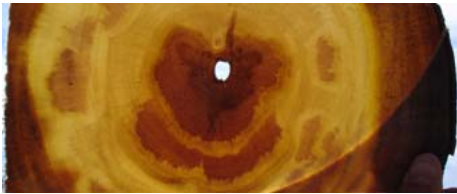
Rajaduras producidas por incidencia directa de rayos solares



Mancha de separador por tiempo prolongado de secado

## 10. Secado al horno de la madera

Parámetro	Descripción	Programa de secado recomendado																																																				
Clasificación	Secado lento, con pocas torceduras, grietas y reventaduras. Susceptible a producir bolsas de humedad por presencia de madera ultrahúmeda de tipo bacteriológico en su crecimiento.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etapa</th> <th>T (°C)</th> <th>CHE</th> <th>HR (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">Calefacción</td> <td>70</td> <td>19</td> <td>96</td> </tr> <tr> <td>72</td> <td>18</td> <td>94</td> </tr> <tr> <td>73</td> <td>17</td> <td>92</td> </tr> <tr> <td>75</td> <td>16</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td rowspan="6">Secado</td> <td>76</td> <td>15</td> <td>88</td> </tr> <tr> <td>77</td> <td>14</td> <td>86</td> </tr> <tr> <td>78</td> <td>13</td> <td>84</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>12</td> <td>81</td> </tr> <tr> <td>83</td> <td>11</td> <td>78</td> </tr> <tr> <td>85</td> <td>10</td> <td>74</td> </tr> <tr> <td></td> <td>86</td> <td>9</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>Igualización</td> <td>87</td> <td>8</td> <td>66</td> </tr> <tr> <td>Acondicionamiento</td> <td>88</td> <td>7</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Enfriamiento</td> <td>89</td> <td>6</td> <td>53</td> </tr> </tbody> </table> <p>T: Temperatura CHE: Contenido de Humedad en Equilibrio HR: Humedad Relativa</p>	Etapa	T (°C)	CHE	HR (%)	Calefacción	70	19	96	72	18	94	73	17	92	75	16	90	Secado	76	15	88	77	14	86	78	13	84	80	12	81	83	11	78	85	10	74		86	9	70	Igualización	87	8	66	Acondicionamiento	88	7	60	Enfriamiento	89	6	53
Etapa	T (°C)		CHE	HR (%)																																																		
Calefacción	70		19	96																																																		
	72		18	94																																																		
	73		17	92																																																		
	75		16	90																																																		
Secado	76		15	88																																																		
	77		14	86																																																		
	78		13	84																																																		
	80		12	81																																																		
	83	11	78																																																			
	85	10	74																																																			
	86	9	70																																																			
Igualización	87	8	66																																																			
Acondicionamiento	88	7	60																																																			
Enfriamiento	89	6	53																																																			
Tiempo de secado	Madera de 2,54 cm de espesor presenta un tiempo de secado de 250-290 horas, incrementando con el espesor de la madera. Se recomienda secar piezas con menos de 6 cm de espesor por el alto costo y tiempo de proceso.																																																					
Calidad del secado	Arqueaduras, grietas, rajaduras, colapso, alabeo y acanalado aumentan con el secado de la madera, mientras que las encorvaduras disminuyen. El secado influye en rajaduras y grietas existentes luego del aserrío, las que incrementan en 20,57 mm y 24 mm en promedio respectivamente. La arqueadura incrementa en 5,4 mm, la encorvadura disminuye en 6,7 mm, el alabeo aumenta en menos de 1 mm afectando tanto tablas que presentaban el defecto como las que no lo presentaban antes del secado. El acanalado luego del secado es de 1,5 mm, sobre todo en madera de corte tangencial.																																																					



Presencia de "ultrahumedad" por ataque de bacterias en el árbol en pie y con posibles problemas de secado



Rajaduras luego del secado por presencia de médula



Medición del contenido de humedad con métodos eléctricos luego del secado

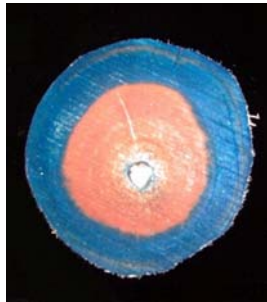
## 11. Preservación de la madera

Preservación	Descripción														
Tratamiento de difusión	<p>La madera preservada sin presión (inmersión-difusión con sales de boro), donde se obtiene una penetración total del preservante en la madera tanto en albura como en duramen, se recomienda madera preservada por este método sólo para uso en interiores (madera bajo techo). La siguiente tabla muestra el tiempo de difusión de melina con el tratamiento sin presión a diferentes espesores, con una penetración del 100% en cada uno de ellos.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Espesor</th> <th>Tiempo de difusión (días)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,25</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>2,50</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>3,81</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>5,08</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>6,35</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>7,60</td> <td>106</td> </tr> </tbody> </table>	Espesor	Tiempo de difusión (días)	1,25	10	2,50	25	3,81	50	5,08	75	6,35	75	7,60	106
Espesor	Tiempo de difusión (días)														
1,25	10														
2,50	25														
3,81	50														
5,08	75														
6,35	75														
7,60	106														

Tratamiento a presión	<p>La utilización de método vacío-presión en madera aserrado es limitada, ya que el duramen es impermeable. La albura de melina puede tratarse mediante métodos a presión, obteniendo una penetración completa y uniforme. Se obtienen retenciones de la albura de 4,16 Kg/m<sup>3</sup> con una absorción de 185 litros/m<sup>3</sup>.</p>
-----------------------	---



Preservación con inmersión-difusión



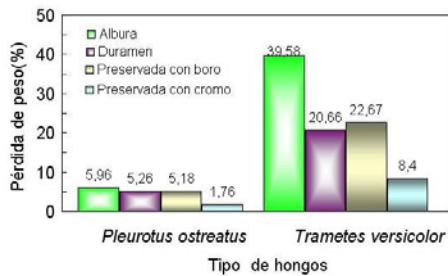
Penetración de preservante (cromo y cobre) en albura y duramen. El color azul indica presencia de cobre



Apilado de madera preservada con boro (cubierta para evitar circulación de aire en la difusión del preservante)

## 12. Durabilidad de la madera

Tipo de ataque	Descripción
Hongos	La madera no protegida de la lluvia o de la humedad puede ser atacada por hongos de tipo cromógenos, xilófagos, mohos o mancha negra, produciendo una decoloración de la madera. Para el caso de hongos cromógenos y mohos el ataque es superficial, mientras que para los cromógenos y xilófagos, dependiendo del tiempo de ataque, alcanzan cierta profundidad. Se considera de moderadamente resistente a resistente a la pudrición. La preservación de la madera con sales de tipo de cromo o de boro aumenta la durabilidad de la madera.
Insectos	En algunas regiones como la zona atlántica y algunas partes de la zona norte de Costa Rica, la termitas de madera verde suelen degradar la parte central del árbol, en especial árboles con edades superior a 8 años. En madera seca se ha comprobado por ensayos de laboratorio que la albura es considerada moderadamente y el duramen altamente resistente al ataque de termitas de madera seca.



La figura muestra la pérdida de peso (%) de melina por ataque de los hongos en las pruebas suelo-bloque. Se observa que la madera de albura presenta pérdidas de peso más altas que el duramen. Pero cuando la madera es preservada sea con sales de boro o de cromo su durabilidad se ve aumentada notablemente, ya que ocurre poca pérdida de peso al ataque de hongos.



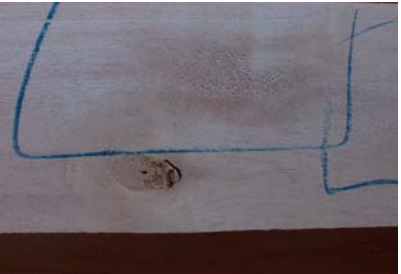


Mancha negra en la madera producto de la exposición en ambientes muy húmedos



Madera que ha estado por mucho tiempo en contacto con el suelo, afectada por hongos de pudrición

### 13. Trabajabilidad de la madera

Operación	Descripción
Cepillado	<p><i>Clasificación:</i> es factible utilizar herramientas manuales, cepilladoras y machiembradoras tradicionales, comúnmente encontradas en talleres de ebanistería o industriales como aserraderos y fábricas de muebles, obteniendo superficies lisas y uniformes.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> presenta grano rasgado y veloso en madera con distorsiones en granos asociados a nudos, presencia de médula, madera juvenil o de reacción.</p> <p><i>Recomendación:</i> Se ha encontrado una buena calidad de superficies cuando se utilizan cabezales convencionales, ángulos de corte de 30° y velocidades de alimentación de 6-15 m/min.</p>
Lijado	<p><i>Clasificación:</i> esta especie responde bien a este proceso, produciendo superficies de buena calidad, aún cuando se necesite remover cierta cantidad de madera, la cual la hace de una forma rápida y fácil. Además el embotamiento de la lija es muy poco, siempre que la madera esté seca.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> con la lija adecuada se producen pocas maderas con marcas de lija, efectuando cuando se hay grano entrecruzado o veloso que es difícil de lijar.</p> <p><i>Recomendación:</i> utilizar de grano grueso (80 o menor) para eliminar los defectos del cepillado o grano levantado y finalmente la lija de grano superior a 100 para lograr superficies buena calidad en el acabado.</p>
Taladrado	<p><i>Clasificación:</i> si no se consideran algunos aspectos se pueden presentar serios problemas de taladrado. <i>Defectos:</i> superficie áspera y grano levantado con broca de metal, con broca de madera se presentan pocos defectos, siendo el grano arrancado y una superficie poco regular.</p> <p><i>Recomendación:</i> en primer lugar es preferible realizar un hueco con una broca para madera y no con la broca para metal. La broca de madera presenta un hueco de mejor calidad, tanto superficial como en la parte interna. Con la broca de metal, la calidad disminuye notoriamente.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p data-bbox="193 1361 566 1424">Calidad de taladrado en melina con brocha de madera y para metal</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p data-bbox="612 1361 997 1424">Presencia de grano veloso en madera de melina luego del secado</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p data-bbox="1043 1361 1406 1424">Presencia de grano levantado en asociado a los nudos.</p> </div> </div>	

### 13. Trabajabilidad de la madera (continuación)

Operación	Descripción
Moldurado	<p><i>Clasificación:</i> de buena a muy bueno si la madera esta libre de nudos y grano velloso. En extremos de las tablas se dan buenos resultados con los cuidados adecuados y en dirección del hilo la calidad es bastante buena.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> grano arrancado combinado con grano velloso en madera muy joven, el defecto es de leve a moderado.</p> <p><i>Recomendación:</i> se recomiendan que se prefieran elegir los cortes tangenciales pues son en los que se observa la menor incidencia del defecto.</p>
Escopleado	<p><i>Clasificación:</i> La calidad del escopleado en esta especie es muy buena.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> Se presentan pocas vellosidades y algo de grano arrancado pero en general muy escaso.</p> <p><i>Recomendación:</i> Apta para este tipo de trabajo en todos los cortes.</p>
Torneado	<p><i>Clasificación:</i> La madera de melina proveniente de árboles jóvenes presenta serios problemas de astillado al momento de realizar el torneado, sin embargo la madera de árboles adultos mejora la calidad del torneado. Esta no llega a clasificarse como una especie apta para el torneado.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> grano levantado, astillados y superficie áspera.</p> <p><i>Recomendación:</i> hacer una buena selección de la madera, considerando árboles adultos o de alta densidad. Se debe utilizar herramientas gubias para evitar el astillamiento.</p>



Algunos problemas frecuentes en torneado de madera de melina



Facilidad de aplicación de tintes en madera de melina

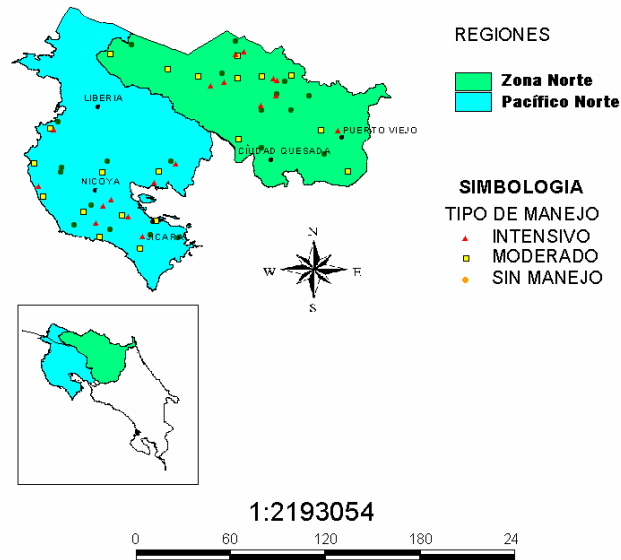


Operación de clavado en tablas durante la fabricación de tarimas

#### 14. Procedencia del material

El material utilizado para generar la información fue recolectado en dos plantaciones de melina ubicadas en la región Huetar Norte (gran parte de la provincia de Alajuela y parte de la provincia de Heredia) y la región Chorotega (provincia de Guanacaste). Ambas regiones poseen dentro en su extensión una mayor cantidad de área reforestada de melina, además de presentar condiciones climáticas distintas entre sí. La región Huetar Norte se caracteriza por poseer una precipitación media de 3000 a 4500 mm al año y temperaturas promedio entre 20 y 25 °C. Por otra parte, la región Chorotega reporta una precipitación media anual de 1500 a 2500 mm y temperaturas promedio que van de los 25 a los 27,5 °C

Las plantaciones analizadas tenían edades entre 10 y 12 años y se encontraban cerca del turno de rotación, que es la edad óptima cuando se utiliza la especie como fuente de materia prima para los mercados de madera aserrada. Dichas plantaciones se clasificaron en tres categorías: sin manejo aquellas con más de 800 árboles/ha, moderadamente manejadas las que tenían entre 400 y 800 árboles/ha y con dos raleos y finalmente las intensivamente manejadas, plantaciones con menos de 400 árboles/ha. La siguiente figura detalla la ubicación de las plantaciones



**Mapa de Ubicación de las Plantaciones**

Ubicación geográfica de las plantaciones de *Gmelina arborea* de edades entre 10 y 12 años.

# Caoba

---

Nombre científico	Familia
<i>Swetennia macrophyla</i> King	Meliaceae

---

## 1. Aprovechamiento de plantaciones

Característica	Descripción
Facilidad de corte	El corte de los árboles generalmente es el tradicional o de tipo abierto. Algunos árboles desarrollan gambas grandes, las cuales se deben cortar antes de realizar el corte total del árbol.
Caída natural	Debido a la poca rectitud del fuste en ocasiones es difícil decidir la caída natural de árbol. Esto hace que la operación deba ser efectuada por personal experimentado.
Dirección de caída	La poca rectitud del fuste y el tamaño (diámetro y longitud) de la copa dificulta cuando se quiere cambiar la dirección de caída del árbol.
Desafilado de sierras	En general la madera de caoba es noble de trabajar por lo que no ocurre un desgaste excesivo de las sierras. Además, no presenta residuos de resinas en la cadena o el "sable" de la motosierra.
Susceptibilidad a quebraduras	No se ha observado este tipo de defecto durante en aprovechamiento de árboles de plantación.
Fisonomía del fuste	En general los fustes de árboles que se desarrollan en plantaciones forestales no son rectos. En el primer y segundo raleo especialmente se extraen árboles de menor calidad, presentado árboles con algún grado de torceduras. Las trozas presentan una frecuencia de 1,6 nudos por metro, con achatamiento de 99% , conicidad de 1,08% y porcentaje de curvatura de 1,59% . Las trozas son muy circulares, con poca variación del diámetro en una misma cara o entre uno y otro lado y de poca curvatura.
Trozas por árbol	Por lo general en madera de los primeros raleos se pueden obtener 1-4 (2 en promedio) trozas por árbol, pero con el inconveniente de que se produce un alto porcentaje de trozas con longitud inferior a 1,65 metros (2 varas).
Frecuencia de ramas	Se presentan en poca cantidad en la base del árbol (cerca de 3 ramas/metro), debido a que esta especie creciendo en plantaciones se debe llevar un manejo intensivo para mantener la rectitud del fuste. En la sección de la copa la frecuencia de ramas es mayor (5 a 10 ramas/metro).
Operación de desrame	Se realiza de forma rápida y sin problema; sin embargo, si las plantaciones no se manejan adecuadamente se presenten ramas gruesas, influenciando en la operación de desrame.



Corte tradicional en árboles de caoba



Eliminación de gambas antes del corte



Vista general de un árbol de raleo antes del aprovechamiento

## 2. Transporte y durabilidad de trozas

Característica	Descripción
Troceo	Aunque el corte sobre la madera es fácil, el troceo se vuelve lento debido a la poca rectitud del fuste, dando como resultado trozas de dimensiones cortas por lo que se debe tratar de buscar un mercado para estas trozas que en muchos casos por su longitud y productividad son poco apetecibles para procesos industriales. Sin embargo del mercado de la artesanía podría utilizar estas trozas por que sus procesos productivos están diseñados para utilizar trozas cortas de especies de alto valor comercial.
Acarreo	El transporte de las trozas hasta 20 cm de diámetro puede realizarse con fuerza humana del sitio de corta al patio de acopio a una distancia razonable. Para trozas de mayor diámetro se debe utilizar animales o equipos mas especializados para el aprovechamiento. Una troza de 2,5 m de largo, 20 cm de diámetro promedio, 870 kg/m <sup>3</sup> de densidad en condición verde, poseen un peso aproximado de 68 kg, el cual puede transportarse fácilmente por una sola persona a una distancia razonable.
Apilado	Operación sencilla de realizar, en el caso de trozas de diámetro pequeño con fuerza humana, pero los de diámetro grande se hace necesario equipos mas especializados. Además de que se debe considerar que se producen alto porcentajes de trozas cortas.
Durabilidad de trozas	La alta presencia de madera de duramen permite que las trozas de plantaciones permanezcan en el patio de acopio por periodos prolongados (por lo general entre 6 a 12 meses) sin sufrir ataque importante de hongos o insectos en el duramen, pero sí en la albura.



Fisonomía del fuste antes del troceo



Operación de rectitud de la base del árbol antes de iniciar el troceo



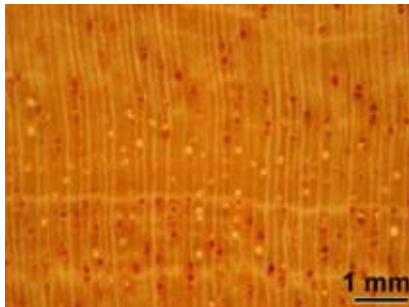
Transporte de trozas con tractor agrícola

### 3. Descripción general y macroscópica de la madera

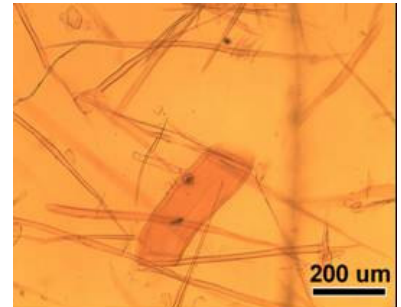
Descripción	Detalle
General	<p><i>Color:</i> existe una marcación gradual entre la albura y el duramen. En la condición seca la albura se torna de color amarillo (10YR 8/3) y el duramen de café (7,5YR 4/4). <i>Textura:</i> mediana. <i>Olor:</i> indistinto. <i>Sabor:</i> ausente. <i>Brillo:</i> moderado en la superficie radial y es opaco en la superficie tangencial. <i>Veteado:</i> poco definido con líneas inclinadas muy tenues. <i>Tipo de grano:</i> recto.</p> <p><i>Anillos de crecimiento:</i> Se aprecian levemente por la formación de una línea fina de parénquima. <i>Densidad:</i> en la condición seca al aire presenta una densidad de 0,67 g/cm<sup>3</sup>, por lo que es considera como madera moderadamente pesada.</p>
Macroscópica	<p><i>Vasos:</i> ligeramente visibles a simple vista, abundantes, poros solitarios y múltiples radiales de 2-5 células en sentido radial. <i>Porosidad:</i> difusa a semi-anular. <i>Distribución:</i> cadenas radiales. <i>Sustancias presentes:</i> no existe presencia de tálides en los vasos de la albura, pero sí en los del duramen. <i>Parénquima axial:</i> paratraqueal vasicéntrico escaso y apotraqueal difuso muy escaso y bandas aparentemente marginales de poca frecuencia. <i>Parénquima radial:</i> visibles solo a un aumento de 10x y de mediana abundancia. Radios de un solo tamaño y ligeramente estratificados.</p>



Corte tangencial longitudinal



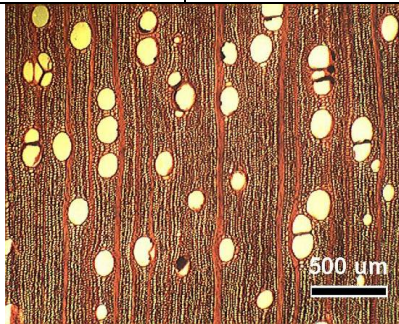
Corte transversal macroscópico



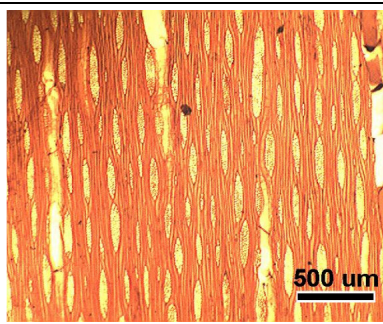
Fibra, parénquima y vaso

#### 4. Descripción microscópica de la madera

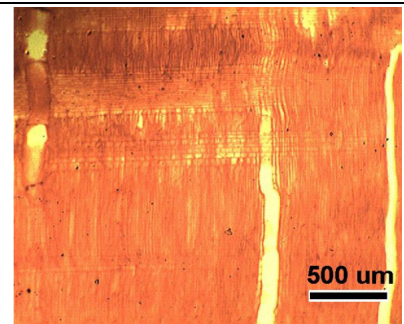
Descripción microscópica	Detalle
Vasos	<p><i>Porosidad:</i> Difusa. <i>Distribución:</i> no se observa un patrón. <i>Agrupamiento:</i> solitarios en promedio 20% (60-83%) y múltiples de 2-3 células en sentido radial. <i>Frecuencia:</i> pocos vasos, promedio 13,3 (10,99-15,92)/mm<sup>2</sup>. <i>Diámetro:</i> medio, promedio de 137 μm (84-167 μm). <i>Largo:</i> medio, promedio 150 μm (198 – 452 μm). <i>Paredes helicoidales:</i> ausentes. <i>Apéndices:</i> de longitud media en un extremo. <i>Placa de perforación:</i> simple. <i>Presencia de cristales:</i> no se observaron. <i>Gomas:</i> presentes en algunos poros. <i>Tilides:</i> ausentes. <i>Puntuaciones inter-vasculares:</i> hexagonales o poligonales, múltiples alternas, y de gran abundancia. De diámetro miniatura, promedio 2,85 μm (2,21-3,48 μm) y con ornamentaciones. <i>Puntuaciones rayos-vasculares:</i> con borde distinto, similar a las inter-vasculares en forma y tamaño a través de las células de radio. Diámetro pequeño, promedio 2,88 μm (1,85-4,44 μm), de gran abundancia, alternas y con presencia de ornamentaciones. <i>Puntuaciones parénquima-vasculares:</i> con borde distinto, similar a las inter-vasculares en forma y tamaño a través de las células de parénquima, de gran abundancia, alternas y con presencia de ornamentaciones.</p>
Fibras	<p><i>Forma:</i> fusiformes. <i>Septos:</i> se observan en algunas fibras y en otras no. <i>Estratificación:</i> ausente. <i>Dimensiones:</i> fibras cortas promedio de 0,85 mm (0,17 – 1,5 mm); diámetros de fibra promedio de 21 μm (14,53 – 30,64 μm); diámetros de lumen promedio de 13,75 μm (9,09–21,13 μm); fibra con espesor delgado de la pared celular de 3,63 μm (1,68 –5,73 μm). <i>Puntuaciones:</i> fibras con puntuaciones simples a puntuaciones aeroladas diminutas. <i>Presencia de cristales:</i> ausentes.</p>
Parénquima radial	<p><i>Tipo:</i> no estratificado; predominantemente de radios multiseriados de 2-5 series. <i>Dimensiones:</i> de 3-5 células en ancho y 7-27 células en altura, o 147 μm (52-230 μm) en ancho y de poca altura con promedio 259 μm (184-394 μm). <i>Frecuencia:</i> mediana abundancia, de 8,1(6-11,3)/mm. <i>Tipo de células:</i> heterocelulares, con una fila de células erectas en los extremos (arriba y abajo) y células procumbentes en la parte central. <i>Presencia de cristales:</i> tipo romboidal de escasa abundancia principalmente en las células marginales.</p>
Parénquima axial	<p><i>Tipo:</i> paratraqueal vasicéntrico escaso y apotraqueal difuso muy escaso, bandas aparentemente marginales de poca frecuencia de 1-6 células de ancho. <i>Tipo de células:</i> fusiformes sobre 5 células por filamento. <i>Estratificación:</i> ausente. <i>Presencia de cristales:</i> ausentes.</p>



Corte transversal



Corte tangencial-longitudinal



Corte radial-longitudinal

## 5. Propiedades físicas de la madera

Propiedades físicas	Condición
Densidad	Verde: 0,86 g/cm <sup>3</sup> (0,11 / 12,66) Seca al aire: 0,59 g/cm <sup>3</sup> (0,08 / 13,41) Seca al horno: 0,56 g/cm <sup>3</sup> (0,07 / 12,36)
Peso específico	Básico: 0,51 (0,07 / 13,02) Seco al aire: 0,54 (0,07 / 12,33) Seco al horno: 0,56 (0,07 / 12,36)
Contenido de humedad inicial	Verde: 68,61% (5,77 / 8,41)
Capacidad calórica	Verde a 68%: 14609 KJ/kg (1360 / 9,31) Seco a 12%: 20576 KJ/kg (6571 / 31,93)
Contracción radial	Verde al 12% (normal): 1,54 % (0,33 / 21,59) Verde al 0% (total): 2,94 % (0,55 / 18,85)
Contracción tangencial	Verde al 12% (normal): 2,26 % (0,61 / 26,76) Verde al 0% (total): 4,09 % (0,88 / 21,54)
Contracción volumétrica	Verde al 12% (normal): 4,83 % (0,81 / 16,84) Verde al 0% (total): 8,33 % (2,97 / 35,71)
Razón contracción T/R	Verde al 12% (normal): 1,49 % (0,37 / 24,89) Verde al 0% (total): 1,40 % (0,19 / 13,85)

**Notas:**

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los número entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación

T/R: relación contracción tangencial / contracción radial

## 6. Propiedades mecánicas de la madera

Propiedades mecánicas	Condición
Esfuerzo máximo compresión paralela a la fibra	Verde: 262,06 kg/cm <sup>2</sup> (34,36 / 13,11) Seca: 453,55 kg/cm <sup>2</sup> (49,19 / 10,84)
Esfuerzo máximo compresión perpendicular a la fibra	Verde: 263,53 kg/cm <sup>2</sup> (64,12 / 24,33) Seca: 447,80 kg/cm <sup>2</sup> (67,25 / 15,02)
Esfuerzo máximo tensión paralela a la fibra	Verde: 530,57 kg/cm <sup>2</sup> (162,15 / 30,56) Seca: 731,23 kg/cm <sup>2</sup> (237,04 / 32,42)
Flexión estática (1 carga)	Modelo de Ruptura (MOR) Verde: 630,00 kg/cm <sup>2</sup> (74,93 / 11,89) Seco: 417,05 kg/cm <sup>2</sup> (134,95 / 32,36)
	Modulo de elasticidad (MOE)*1000 Verde: 80,388 kg/cm <sup>2</sup> (14333,43/17,83) Seco: 62,803 kg/cm <sup>2</sup> (21803,65 / 34,72)
Esfuerzo máximo cortante paralela a la fibra	Sentido tangencial Verde: 78,20 kg/cm <sup>2</sup> (14,07 / 17,99) Seca: 82,67 kg/cm <sup>2</sup> (11,83 / 14,31)
	Sentido radial Verde: 74,07 kg/cm <sup>2</sup> (15,11 / 20,41) Seca: 75,38 kg/cm <sup>2</sup> (8,75 / 11,61)
Esfuerzo máximo tensión perpendicular a la fibra	Sentido tangencial Verde: 26,16 kg/cm <sup>2</sup> (8,33 / 31,84) Seca: 29,79 kg/cm <sup>2</sup> (12,52 / 42,03)
	Sentido radial Verde: 44,28 kg/cm <sup>2</sup> (13,21 / 29,84) Seca: 23,90 kg/cm <sup>2</sup> (11,88 / 46,69)

**Notas:**

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los número entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación  
18 muestras ensayadas por cada propiedad mecánica

## 6. Propiedades mecánicas (continuación)

Propiedades mecánicas	Condición
Esfuerzo máximo clivaje	Sentido tangencial Verde: 194,73 kg/cm <sup>2</sup> (13,58 / 6,97) Seca: 175,06 kg/cm <sup>2</sup> (28,69 / 16,39)
	Sentido radial Verde: 188,60 kg/cm <sup>2</sup> (18,56 / 9,84) Seca: 131,30 kg/cm <sup>2</sup> (46,16 / 35,16)
Dureza Janka	Sentido axial Verde: 313,83 kg (75,71 / 24,13) Seca: 283,87 kg (74,43 / 26,22)
	Sentido lateral Verde: 336,21 kg (54,56 / 16,23) Seca: 308,25 kg (57,02 / 18,50)
Extracción de clavos	Sentido axial Verde: 57,93 kg (13,47 / 23,26) Seca: 34,55 kg (12,93 / 37,41)
	Sentido lateral Verde: 47,20 kg (12,97 / 27,49) Seca: 36,03 kg (9,41 / 26,12)

**Notas:**

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los números entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación  
18 muestras ensayadas por cada propiedad mecánica

## 7. Propiedades químicas de la madera

Propiedades químicas	Composición	
Composición global	Holocelulosa	% ()
	Lignina	% ()
	Cenizas	3,47 % (0,48 / 13,67)
	Sílice	1,5 ppm (1,05 / 69,92)
Análisis químico elemental	Nitrógeno	0,27 % (0,03 / 0,10)
	Fósforo	0,02 % (0,00 / 0,17)
	Calcio	0,24 % (0,03 / 0,14)
	Magnesio	0,01 % (0,00 / 0,17)
	Potasio	0,15 % (0,01 / 0,06)
	Azufre	0,01 % (0,00 / 0,01)
Análisis químico elemental	Hierro	5,34 mg/kg (1,01 / 0,19)
	Cobre	2,78 mg/kg (0,78 / 0,28)
	Zinc	1,56 mg/kg (0,50 / 0,32)
	Manganeso	1,63 mg/kg (0,24 / 0,15)
	Boro	1,50 mg/kg (0,30 / 0,20)
Solubilidades	NaOH (al 1%)	21,18 % (0,71 / 3,36)
	H2O caliente	9,65 % (1,81 / 18,79)
	H2O fría	7,91% (1,59 / 20,07)
	Diclorometano	1,49 % (0,75 / 50,37)
	Tolueno-alcohol	3,87 % (1,85 / 47,73)
pH	5,23 (0,11 / 2,18)	

Nota:

Los números entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación

## 8. Desempeño y calidad de aserrío

Aserrío	Descripción								
Desempeño en aserrío	El aserrío de las trozas de caoba en general es fácil, exceptuando cuando se presentan trozas torcidas que dan problemas de acomodados y volteos. No se producen entramientos (atascamientos) de las sierras de corte ni se presentan desafilados excesivos de las herramientas de corte. En algunos casos se pueden presentar problemas en regiones cerca de nudos y principalmente cuando son de diámetro grandes.								
Calidad de la madera	En el proceso de aserrío de trozas provenientes de plantaciones forestales se producen algunos problemas relacionado a las torceduras y rajaduras de las tablas, debido a la presencia de tensiones de crecimiento y de la medula. Tablas luego del proceso de aserrío en madera proveniente de una plantación de 14 años se encontró que las grietas estuvieron presente en el 53% de las tablas (con longitud media de mayor a 1 cm), las rajaduras están presente en 44% (longitud de 2,5 cm), el acanalado en el 2,73% de las tablas (con promedio de flecha de 1 mm), el 74% de las tablas presentan arqueduras (con 10 mm de flecha) y el 73% presentó problemas de aladeo (promedio de 4,27 mm).								
Rendimiento de la madera	<p>El rendimiento promedio puede ser superior a 50% cuando estas trozas son aserradas a lo ancho de la troza y sobre todo provienen de árboles bastante rectos. En trozas más torcidas el rendimiento puede disminuir hasta 30%. Aunque estas trozas presentan bajos rendimiento el valor de la madera aserrada lo permite ya que esta especie es considerada de alto valor comercial y produce alta porcentaje de duramen. La siguiente tabla muestra los rendimientos de caobo a los 14 años:</p> <table border="1" data-bbox="776 814 1101 961"> <thead> <tr> <th data-bbox="776 814 954 884">Categoría de diámetro (cm)</th> <th data-bbox="954 814 1101 884">Rendimiento (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="776 884 954 911">10 - 15</td> <td data-bbox="954 884 1101 911">30-40</td> </tr> <tr> <td data-bbox="776 911 954 938">15 - 25</td> <td data-bbox="954 911 1101 938">35-20</td> </tr> <tr> <td data-bbox="776 938 954 961">20 - 25</td> <td data-bbox="954 938 1101 961">Sobre 45</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría de diámetro (cm)	Rendimiento (%)	10 - 15	30-40	15 - 25	35-20	20 - 25	Sobre 45
Categoría de diámetro (cm)	Rendimiento (%)								
10 - 15	30-40								
15 - 25	35-20								
20 - 25	Sobre 45								



Apilado de la madera en patio de acopio.



Aserrío de diámetros menores en sierra de cinta horizontal



Madera aserrada por lo ancho de troza

## 9. Secado al aire de la madera

Parámetro	Descripción																												
Clasificación	Acorde con la norma de COPAN (1987) la caoba de plantación es considerada de rápido secado por que en espesores de madera aserrada menor a 7,5 cm el tiempo que tarda en alcanzar el 20% de contenido de humedad no sobrepasa los 100 días.																												
Tiempo de secado	<p>La siguiente tabla muestra la cantidad de días necesarios y la razón de secado para alcanzar un contenido de humedad del 20% para diferentes espesores de madera aserrada de caoba de plantación.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Espesor (cm)</th> <th>Chi (%)</th> <th>Número de días*</th> <th>Razón de secado (%/día)**</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,2</td> <td>49,63</td> <td>24</td> <td>1,22</td> </tr> <tr> <td>2,5</td> <td>54,62</td> <td>31</td> <td>1,14</td> </tr> <tr> <td>3,8</td> <td>49,66</td> <td>45</td> <td>0,66</td> </tr> <tr> <td>5,0</td> <td>51,39</td> <td>45</td> <td>0,69</td> </tr> <tr> <td>6,2</td> <td>57,44</td> <td>57</td> <td>0,66</td> </tr> <tr> <td>7,5</td> <td>55,61</td> <td>57</td> <td>0,64</td> </tr> </tbody> </table> <p>**Contenido de humedad inicial (Chi) / *Número de días para alcanzar 20% de CH</p>	Espesor (cm)	Chi (%)	Número de días*	Razón de secado (%/día)**	1,2	49,63	24	1,22	2,5	54,62	31	1,14	3,8	49,66	45	0,66	5,0	51,39	45	0,69	6,2	57,44	57	0,66	7,5	55,61	57	0,64
Espesor (cm)	Chi (%)	Número de días*	Razón de secado (%/día)**																										
1,2	49,63	24	1,22																										
2,5	54,62	31	1,14																										
3,8	49,66	45	0,66																										
5,0	51,39	45	0,69																										
6,2	57,44	57	0,66																										
7,5	55,61	57	0,64																										
Calidad del secado	<p><i>Grietas y rajaduras:</i> en el secado al aire no se incrementa significativamente las grietas o rajaduras producidas en el aserrío de las trozas.</p> <p><i>Arqueadura:</i> al igual que el anterior defecto, no se incrementa la arqueadura de a tabla que fue producida en el proceso de aserrío, siempre que se haya apilado apropiadamente la madera.</p> <p><i>Encorvadura y acanalado:</i> si la madera fue apilada correctamente no se producen este defecto.</p> <p><i>Colapso:</i> no se presenta.</p>																												



Apilado de madera por lo ancho antes de salir al secado



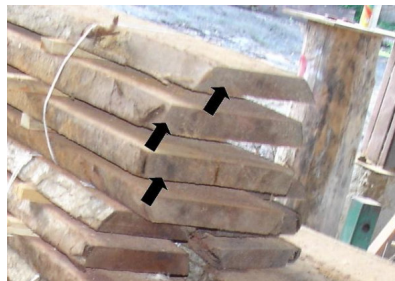
Apilado y protección de la madera durante el secado solar

## 10. Secado al horno de la madera

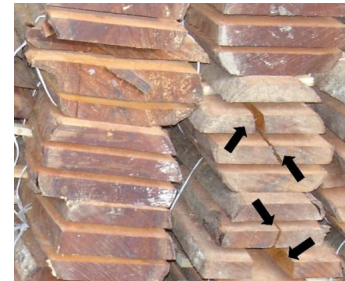
Parámetro	Descripción	Programa de secado recomendado																																																
Clasificación	Es considerado de moderado a lento secado con pocos problemas en rajaduras, grietas, torceduras y pandeos.																																																	
Tiempo de secado	Madera de 2,54 cm de espesor con un contenido de humedad inicial de 42% presenta un tiempo de secado de 187 horas para llegar al 8%, lo que significa una velocidad de secado de 0,15%/hora, incrementando y disminuyendo este tiempo con el aumento o decrecimiento del espesor de la madera, respectivamente.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etapa</th> <th>T (°C)</th> <th>CHE</th> <th>HR (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Calefacción</td> <td>45</td> <td>40</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>45</td> <td>16</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td rowspan="8">Secado</td> <td>49</td> <td>14.4</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>49</td> <td>12.1</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>49</td> <td>9.6</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>49</td> <td>6.5</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>55</td> <td>4.0</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>2.9</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>66</td> <td>3.2</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>82</td> <td>3.5</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Igualización</td> <td>85</td> <td>3.5</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Acondicionamiento</td> <td>65</td> <td>3.5</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Enfriamiento</td> <td>35</td> <td>4.0</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Etapa	T (°C)	CHE	HR (%)	Calefacción	45	40	-	45	16	-	Secado	49	14.4	50	49	12.1	45	49	9.6	40	49	6.5	35	55	4.0	30	60	2.9	25	66	3.2	20	82	3.5	15	Igualización	85	3.5	12	Acondicionamiento	65	3.5	-	Enfriamiento	35	4.0	-
Etapa	T (°C)	CHE	HR (%)																																															
Calefacción	45	40	-																																															
	45	16	-																																															
Secado	49	14.4	50																																															
	49	12.1	45																																															
	49	9.6	40																																															
	49	6.5	35																																															
	55	4.0	30																																															
	60	2.9	25																																															
	66	3.2	20																																															
	82	3.5	15																																															
Igualización	85	3.5	12																																															
Acondicionamiento	65	3.5	-																																															
Enfriamiento	35	4.0	-																																															
Calidad del secado	Las rajaduras o grietas ocurren en alrededor del 50% de las piezas luego del secado, sin embargo esta no alcanzan longitudes superior a 2 cm. En cuanto a la arqueadura por el secado se tiene que no aumenta ni disminuye o aparece en nuevas tablas por el secado. El defecto de aladeo no incrementa su magnitud, pero aparece este defecto en piezas que no lo tenían antes del secado. Cuando se están trabajando con tablas anchas ocurre aparece el defecto de acanalado y se produce una curvatura de 1,4 mm.	<p>T: Temperatura (°C)            CHE: Contenido de Humedad en Equilibrio (%)            HR: Humedad Relativa (%)            Fuente: programa T6-D4 en Sydney et al. 1988.</p>																																																



Madera de caoba apilada en secadora convencional



Presencia de acanalado en madera aserrada de caoba luego del secado



Presencia de rajaduras en tablas de caoba luego del secado

## 11. Preservación de la madera

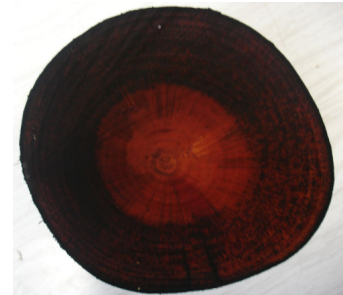
Preservación	Descripción														
Tratamiento de difusión	<p>La madera preservada sin presión (inmersión-difusión con sales de boro) es posible tener una penetración total del preservante dentro de la madera, siendo utilizado este tipo de tratamiento para uso en interiores (madera bajo techo). La siguiente tabla la cantidad de días que debe estar almacenada la madera para lograr una penetración del 100% para diferentes espesores.</p> <table border="1" data-bbox="803 447 1195 764"> <thead> <tr> <th data-bbox="803 447 987 520">Espesor (cm)</th> <th data-bbox="987 447 1195 520">Tiempo difusión (días)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="803 520 987 569">1,2</td> <td data-bbox="987 520 1195 569">16</td> </tr> <tr> <td data-bbox="803 569 987 617">2,5</td> <td data-bbox="987 569 1195 617">22</td> </tr> <tr> <td data-bbox="803 617 987 665">3,8</td> <td data-bbox="987 617 1195 665">28</td> </tr> <tr> <td data-bbox="803 665 987 714">5,0</td> <td data-bbox="987 665 1195 714">32</td> </tr> <tr> <td data-bbox="803 714 987 762">6,2</td> <td data-bbox="987 714 1195 762">37</td> </tr> <tr> <td data-bbox="803 762 987 764">7,5</td> <td data-bbox="987 762 1195 764">40</td> </tr> </tbody> </table>	Espesor (cm)	Tiempo difusión (días)	1,2	16	2,5	22	3,8	28	5,0	32	6,2	37	7,5	40
Espesor (cm)	Tiempo difusión (días)														
1,2	16														
2,5	22														
3,8	28														
5,0	32														
6,2	37														
7,5	40														
Tratamiento a presión	<p>Con el tratamiento a presión, se logra una penetración parcial e irregular en la parte de la albura, contraria al duramen que no es posible preservar. La absorción de la madera es de 239,6 litros/m<sup>3</sup> y la retención es de 4,8 kg/m<sup>3</sup>. La madera preservada con el método vacío-presión (preservante Wolmanit CX-10®), que se clasifica como Clase 3, se recomienda para uso cubierto bajo techo y temporalmente humedecida.</p>														



Penetración de las sales de boro en 5 de almacenamiento



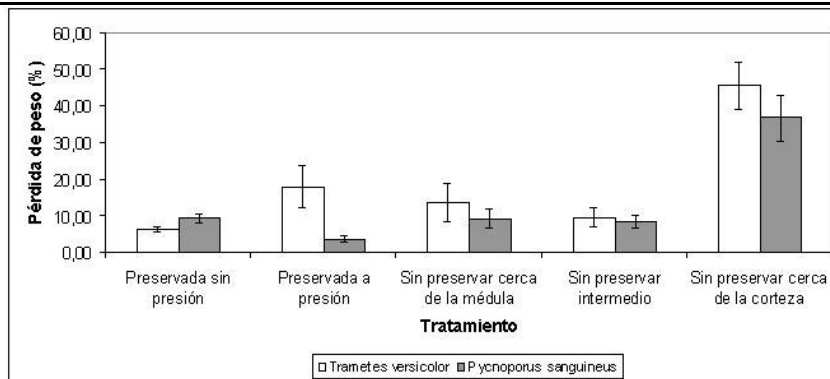
Penetración total de las sales de boro luego de 40 días de almacenamiento



Poste preservado mostrando el duramen (sin preservar) y la albura (preservada irregularmente)

## 12. Durabilidad de la madera

Tipo de ataque	Descripción
Hongos	Según ensayos de durabilidad natural, realizados bajo la norma ASTM D 2017-84 (1994) y utilizando los hongos <i>Trametes versicolor</i> y <i>Pycnoporus sanguineus</i> (estándares internacionales para este tipo de ensayo), la madera de caoba preservada con boro sin presión, se clasifica como altamente resistente al ataque de ambos hongos. La madera preservada a presión, se clasifica como resistente al ataque de <i>T. versicolor</i> y altamente resistente al ataque de <i>P. sanguineus</i> . La madera sin preservar cercana a la médula se clasifica como resistente al ataque de <i>T. versicolor</i> y altamente resistente al ataque de <i>P. sanguineus</i> . La madera obtenida de la sección intermedia es altamente resistente al ataque de ambos hongos, mientras que la que está cercana a la corteza, se clasifica como no resistente al ataque de <i>T. versicolor</i> y moderadamente resistente al ataque de <i>P. sanguineus</i> , pues en esta región se encuentra la albura.
Insectos	Especie moderadamente resistente al ataque de termitas de madera seca y húmeda, coleópteros barrenadores de la madera (líctidos, anóbidos, escolítidos y cerambícidos) y organismos xilófagos marinos; al preservar la madera se logra incrementar más su resistencia ante el ataque de estos agentes de biodeterioro



La figura muestra la pérdida de peso (%) de caoba por ataque de los hongos, en madera preservada (con dos métodos) y madera sin preservar proveniente de tres posiciones distintas dentro del árbol. Se puede observar que la madera sin preservar presenta pérdidas de peso de hasta un 45%, la preservada con boro sin presión tiene pérdidas de peso de un 9% y la preservada a presión pierde hasta un 18%.

### 13. Trabajabilidad de la madera

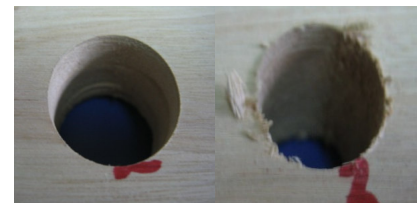
Operación	Descripción
Cepillado	<p><i>Clasificación:</i> de excelente cepillado, más del 85-90% de la superficie queda libre de defectos con ángulos de ataque en cuchillas de 30° y 15°, en madera tangencial con ángulo de ataque de 15° y velocidad de alimentación de 20 m/min la calidad del cepillado disminuye.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> es posible encontrar madera luego del cepillado con grano veloso y grano arrancado en muy bajas cantidad y siempre en la categoría de leve.</p> <p><i>Recomendación:</i> No se recomienda utilizar ángulos de ataque de 15° y velocidad de alimentación de 20 m/minuto en madera de corte tangencial ya que la superficie libre de defectos tiende a disminuir hasta en un 15% .</p>
Lijado	<p><i>Clasificación:</i> es fácilmente lijable, prácticamente no hay embotamiento de la lija dando superficies de buena calidad, los defectos que se presentan son discontinuos y poco abundantes.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> rayas y velosidad ligera y discontinua, pero con pocos efectos en la calidad de la superficie.</p> <p><i>Recomendación:</i> es importante utilizar la lija #60 para eliminar los defectos del cepillado y finalmente la lija de grano superior a 100 para lograr superficies de buena calidad.</p>
Taladrado	<p><i>Clasificación:</i> utilizando broca para madera la penetración del taladro es muy deficiente mientras que con broca para metal es muy eficiente. La broca para madera produce superficie excelente, mientras que la broca para metal produce una superficie de buena a regular calidad.</p> <p><i>Defectos:</i> con broca para madera no se presentan defectos. Con broca para metal presenta grano arrancado y la superficie irregular. Se produce grano arrancado con la broca para metal al hacer orificios.</p> <p><i>Recomendación:</i> utilizar broca para madera. Importante considerar que para aumentar la eficiencia en la penetración del taladro se recomiendan revoluciones superiores a 1000 rpm.</p>



Superficie cepillada de excelente calidad obtenida en caoba



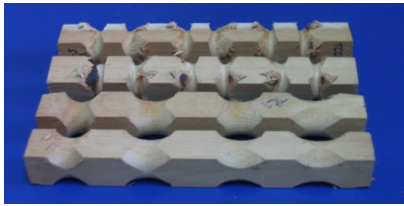
Presencia de grano veloso leve en las superficies lijadas de caoba



Calidad de orificios obtenidos con broca para madera y broca para metal

### 13. Trabajabilidad de la madera (continuación)

Operación	Descripción
Moldurado	<i>Clasificación:</i> de excelente calidad de la superpie en el momento del moldurado. <i>Presencia de defectos:</i> no se presentan. <i>Recomendación:</i> es apta para este tipo de trabajo en todos los cortes.
Escopleado	<i>Clasificación:</i> la calidad de los orificios generados por el escopleado es muy buena. <i>Presencia de defectos:</i> presentan pocas grano vellosos o grano arrancado. <i>Recomendación:</i> es una madera muy apta para este tipo de trabajo en todos los cortes.
Torneado	<i>Clasificación:</i> resulta de excelente calidad cuando se utiliza la gubia de forma horizontal, pero al inclinar la gubia el corte pierde calidad hasta en un 50%. <i>Presencia de defectos:</i> cuando la gubia se introduce en forma inclinada, se produce el grano arrancado y quemaduras en la superficie torneada <i>Recomendación:</i> Apta para este tipo de trabajo en todos los cortes.



Calidad de superficies torneadas en caoba



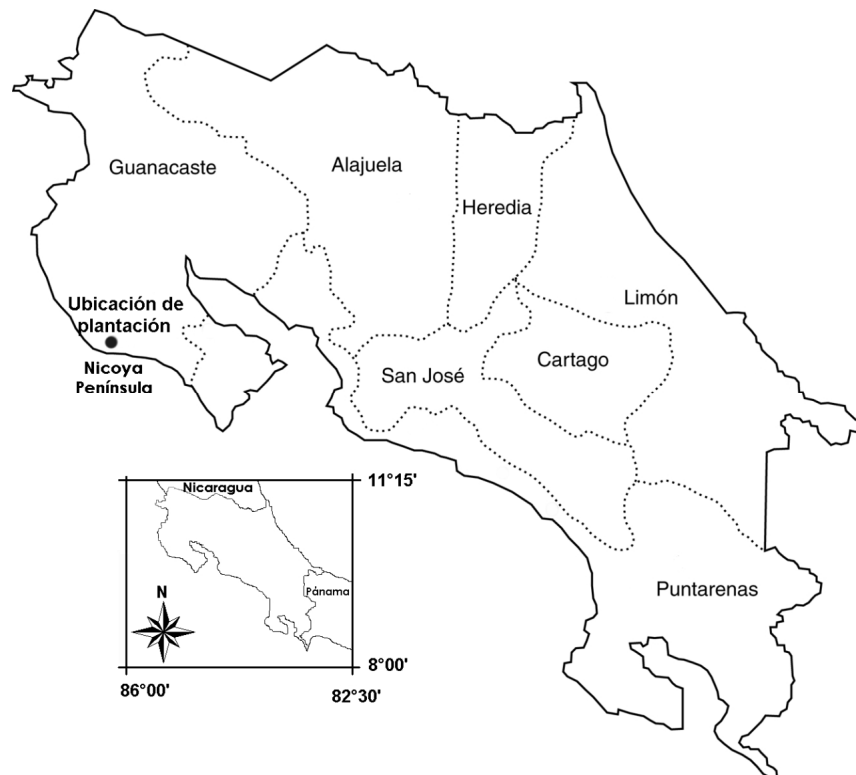
Moldura de excelente calidad obtenida en caoba



Escopleados de muy buena calidad obtenidos en caoba

#### 14. Procedencia del material

Fue utilizado para generar la anterior información una plantación de 14 años de edad seleccionaron propiedad de la empresa Maderas Preciosas de Centroamérica S.A. (MACORI) ubica en la localidad de Garza cantón de Nicoya en la provincia de Cartago (N 09 55' 06"-W 86° 32' 25"). Fueron seleccionado 9 árboles de la plantación y fueron cortado justamente en el momento de realizar el segundo raleo. La plantación fue plantada a un densidad inicial de 1100 árboles hectárea (espaciamento de 3 x 3 m), y hasta el momento fue aplicado un raleo sanitario y 1 raleo del 50% a la edad de 8 años. Las condiciones son: densidad de plantación de 480 árboles hectárea<sup>-1</sup>, altura comercial de 16.7 metros, diámetro altura del pecho de 21,5 cm.



Ubicación geográfica de la plantación de *caoba* de 14 años de edad, Guanacaste, Costa Rica.

# Teca

---

**Nombre científico**

*Tectona grandis* L.f.

**Familia**

Verbenaceae

---

## 1. Aprovechamiento de plantaciones

Característica	Descripción
Facilidad de corte	En sitios planos el corte tradicional presenta buen rendimiento, la madera no suele ser quebradiza o presentar rajaduras, el corte Humbolt es apropiado para esta especie.
Caída natural	Es dependiente del manejo de la plantación, no presenta problemas en plantaciones bien manejadas
Dirección de caída	Si se quisiera reducir el impacto en los árboles vecinos o mantener las condiciones del sitio, se puede modificar sin problemas la caída natural siempre y cuando las plantaciones tengan manejo y las dimensiones de los individuos sean menores a 30 cm de diámetro.
Desafilado de sierras	El corte con motosierra no embota la cadena con ningún tipo de resina y el filo en ella se desgasta moderadamente.
Susceptibilidad a quebraduras	No presenta este problema.
Fisonomía del fuste	Muy dependiente del manejo y de la genética, por lo general los árboles presentan buena forma, excepto en la base por la presencia de gambas pequeñas.
Trozos por árbol	Se obtienen de 3 a 6 trozas comerciales por árbol (4 trozas en promedio) de 2,5 m de longitud y diámetros mayores a 13 cm.
Frecuencia de ramas	Poca cantidad de ramas en la parte alta del fuste. Por lo general se ubica en la zona sin podar.
Operación de desrame	La operación de desrame se lleva a cabo fácilmente ya que la especie no presenta alta incidencia de ramas y por lo general son delgadas.



Plantación de teca de 7 años de edad,  
San Carlos-Costa Rica



Medición de Trozas de teca para  
efectos de cubicación en madera



Aprovechamiento en plantación joven  
de teca (madera en bloques y trozas)

## 2. Transporte y durabilidad de trozas

Característica	Descripción
Troceo	El troceo se considera fácil, la especie no presenta tensiones de crecimiento que afecten esta operación.
Acarreo	El transporte de las trozas al sitio de acopio se puede realizar por medio de la fuerza humana. Las trozas de 2,5 m de largo y 20 cm de diámetro promedio, poseen un peso aproximado de 1649,34 kg cada una, el cual puede transportarse fácilmente por una sola persona en una distancia razonable.
Apilado	Es relativo a las dimensiones de las trozas, en trozas largas y provenientes de la base de árbol, el apilado es poco uniforme, sin embargo, trozas cortas y de la parte alta son fácilmente apiladas.
Durabilidad de trozas	Durante el verano, las trozas pueden permanecer hasta dos meses en el campo, no obstante en invierno este tiempo disminuye hasta un mes. Es susceptible al ataque de escarabajos, barrenadores de la madera (familia Scolytidae), en la región de la albura, además, se pueden presentar en el duramen de árboles jóvenes.



Trozas en pista de arrastre



Fuste de plantación derramado



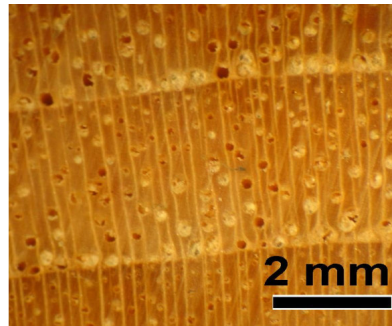
Medición de trozas para exportación

### 3. Descripción general y macroscópica de la madera

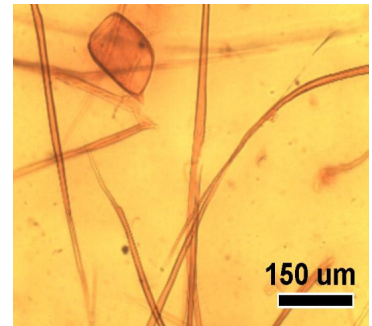
Descripción	Detalle
<b>General</b>	<p><i>Color:</i> marcación visible entre la albura y el duramen, la albura de color amarillo pálido (5Y 8/2 a 5Y 8/3), el duramen presenta mayor variación del color desde amarillo pálido hasta colores de marrón verde oliva ligero (2,5Y 4/4 a 2,5Y 7/4). <i>Textura:</i> de mediana a fina. <i>Olor:</i> característico. <i>Sabor:</i> imperceptible o indistintivo. <i>Brillo:</i> opaco a ligeramente brillante. <i>Veteado:</i> muy definido.</p> <p><i>Tipo de grano:</i> recto a muy recto. <i>Anillos de crecimiento:</i> en sitios secos bien marcados, en sitios de alta precipitación poco definidos. <i>Densidad de la madera:</i> desde 0,63 a 0,71 kg/m<sup>3</sup> en condición seca al aire.</p>
<b>Macroscópica</b>	<p><i>Vasos:</i> ligeramente visibles a simple vista, de tamaño medio, poros en su mayoría solitarios y algunos múltiples de 2-3 en sentido radial, porosidad semi-anular sin ningún tipo de tendencia.</p> <p><i>Sustancias en vasos:</i> gomas en los vasos del duramen.</p> <p><i>Parénquima axial:</i> indistinto a simple vista y solo a un aumento de 10x; paratraqueal vasicéntrico escaso y en algunos veces se observa apotraqueal de bandas finas al final/o inicio del anillo de crecimiento.</p> <p><i>Parénquima radial:</i> visible solo a un aumento de 10x, no estratificado y de mediana frecuencia.</p>



Corte tangencial longitudinal



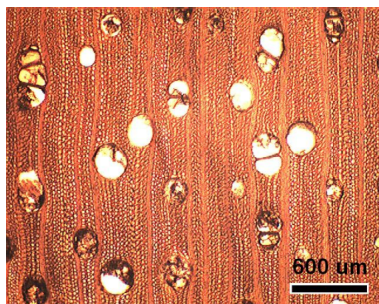
Corte transversal macroscópico  
(marcación de albura y duramen)



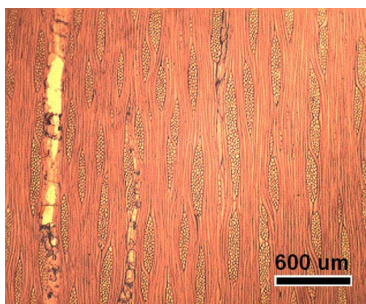
Fibra, parénquima y vaso

#### 4. Descripción microscópica de la madera

Descripción	Detalle
Vasos	<p><i>Porosidad:</i> semianular. <i>Distribución:</i> sin tipo de distribución de vasos. <i>Agrupamiento:</i> mayormente solitarios en 85% (82,25-87,18%) y en múltiples radiales de 2-3 en sentido radial y de forma avalada. <i>Frecuencia:</i> de entre 4-6 (3-7) poros/mm. <i>Largo:</i> en promedio entre 236 <math>\mu\text{m}</math> (111-394 <math>\mu\text{m}</math>). <i>Diámetro:</i> en sentido tangencial en promedio de 150 <math>\mu\text{m}</math> (50-320 <math>\mu\text{m}</math>). <i>Apéndices:</i> se pueden presentar en uno o en los dos extremos y cortos. <i>Placas de perforación:</i> simples. <i>Paredes helicoidales:</i> ausentes. <i>Gomas:</i> en los vasos del duramen se aprecia gomas. <i>Canales traumáticos:</i> ausentes. <i>Tilosis:</i> Ausentes. <i>Otras sustancias:</i> en las láminas fijas parece que se presentan vitreos de sílice. <i>Puntuaciones inter-vasculares:</i> simples, hexagonales, alternas muy abundantes, de diámetro tangencial 5,72 <math>\mu\text{m}</math> (4,07-7,80 <math>\mu\text{m}</math>), sin presencia de ornamentaciones. <i>Puntuaciones radio-vasculares:</i> simples con borde distinto a través del radio, redondas de diámetro de 3,95 <math>\mu\text{m}</math> (2,54-5,42 <math>\mu\text{m}</math>). <i>Puntuaciones parénquima-vasculares:</i> simples, borde distinto a través del radio y sin presencia de ornamentaciones.</p>
Fibras	<p><i>Forma:</i> fusiformes. <i>Septos:</i> presentes. <i>Estratificación:</i> no se presenta. <i>Presencia de cristales:</i> presentan vitreos de sílice. <i>Dimensiones:</i> Longitud de 1,04 mm (0,52-1,60 mm); diámetro del lumen de 17,31 <math>\mu\text{m}</math> (11,11-29,50 <math>\mu\text{m}</math>), diámetro de fibra de 26,20 <math>\mu\text{m}</math> (15,83-38,04 <math>\mu\text{m}</math>) y espesor de pared celular 4,54 <math>\mu\text{m}</math> (2,78-6,41 <math>\mu\text{m}</math>). <i>Puntuaciones:</i> aeroleadas de tamaño muy pequeño.</p>
Parénquima radial	<p><i>Tipo:</i> predominantemente de radios multiseriados, en agregados de 3-10 radios y no estratificados. <i>Dimensiones:</i> de 1-5 (comúnmente 3-4) células de ancho y alturas superior a 1 mm. O con una media de 58,60 <math>\mu\text{m}</math> (23,50- 112,8 <math>\mu\text{m}</math>) en el ancho. <i>Frecuencia:</i> de 4,62 (2,21-6,67)/mm. <i>Tipo de células:</i> homocelular, células procumbentes y heterocelular con una fila de células cuadradas en los extremos (arriba y abajo) y células procumbentes en la parte central. <i>Presencia de cristales:</i> ausentes.</p>
Parénquima axial	<p><i>Tipo:</i> paratraqueal vasicéntrico escaso y en algunos árboles se observa apotraqueal de bandas finas de 1-3 células de ancho al final/o inicio del anillo de crecimiento. <i>Estratificación:</i> ausente. <i>Presencia de cristales:</i> no se observaron.</p>



Corte transversal



Corte tangencial-longitudinal



Corte radial-longitudinal

## 5. Propiedades físicas de la madera

Propiedad física	Condición
Densidad	Verde: 1,10 g/cm <sup>3</sup> (0,05 / 6,02) Seca al aire: 0,83 g/cm <sup>3</sup> (0,04 / 4,82) Seca al horno: 0,58 g/cm <sup>3</sup> (0,07 / 12,95)
Peso específico	Verde: 0,56 g (0,04 / 7,14) Seca al aire: 0,57 g (0,04 / 7,02) Seca al horno: 0,59 g (0,04 / 6,78)
Contenido de humedad inicial	Verde: 117,90 % (28,46 / 24,14)
Capacidad calórica	Verde a 117%: 9510 KJ/kg (2409 / 25,33) Seco a 12%: 19390 KJ/kg (1903 / 9,81)
Contracción radial	Verde al 12% (normal): 4,54 % (1,32 / 12,47) Verde al 0% (total): 2,60 % (3,05 / 11,54)
Contracción tangencial	Verde al 12% (normal): 4,06 % (1,43 / 13,02) Verde al 0% (total): 5,52 % (0,41 / 7,49)
Contracción volumétrica	Verde al 12% (normal): 7,06 % (2,60 / 36,95) Verde al 0% (total): 6,35 % (1,62 / 25,51)
Razón contracción T/R	Verde al 12% (normal): 1,38 (0,60 / 11,65) Verde al 0% (total): 1,93 (0,20 / 10,36)

Notas:

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los número entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación

Razón de contracción T/R: relación contracción tangencial / contracción radial

## 6. Propiedades mecánicas de la madera

Propiedad mecánica	Condición
Esfuerzo máximo compresión paralela a la fibra **	Verde: 372,75 kg/cm <sup>2</sup> (14,97 / 55,20) Seca: 425,00 kg/cm <sup>2</sup> (11,65 / 49,37)
Esfuerzo máximo compresión perpendicular a la fibra	Verde: 62,53 kg/cm <sup>2</sup> (13,93 / 8,38) Seca: 95,88 kg/cm <sup>2</sup> (11,40 / 10,52)
Esfuerzo máximo tensión paralela a la fibra	Verde: 338,78 kg/cm <sup>2</sup> (99,74 / 29,44) Seca: 912,00 kg/cm <sup>2</sup> (205,63 / 22,55)
Flexión estática (1 carga) **	Modelo de Ruptura (MOR) Verde: 545,13 kg/cm <sup>2</sup> (12,47 / 89,77) Seca: 951,25 kg/cm <sup>2</sup> (8,47 / 81,7)
	Modulo de elasticidad (MOE)*1000 Verde: 115,5 kg/cm <sup>2</sup> (18,05 / 16,37) Seca: 131,5 kg/cm <sup>2</sup> (11,22 / 36,65)
Esfuerzo máximo cortante paralela a la fibra	Sentido tangencial Verde: 106,33 kg/cm <sup>2</sup> (11,75 / 12,01) Seca: 71,29 kg/cm <sup>2</sup> (10,82 / 15,17)
	Sentido radial Verde: No determinado Seca: 61,71 kg/cm <sup>2</sup> (10,07 / 16,32)
Esfuerzo máximo tensión perpendicular a la fibra	Sentido tangencial Verde: 29,74 kg/cm <sup>2</sup> (9,46 / 31,82) Seca: 22,00 kg/cm <sup>2</sup> (5,71 / 25,95)
	Sentido radial Verde: 24,96 kg/cm <sup>2</sup> (3,82 / 15,29) Seca: 21,38 kg/cm <sup>2</sup> (4,19 / 19,61)

**Notas:**

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los número entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación  
18 muestras ensayadas por cada propiedad mecánica

## 6. Propiedades mecánicas de la madera (continuación)

Propiedad mecánica	Condición
Esfuerzo máximo clivaje	Sentido tangencial Verde: 5,92 kg/cm <sup>2</sup> (1,49 / 25,23) Seca: 3,81 kg/cm <sup>2</sup> (2,08 / 54,69)
	Sentido radial Verde: 6,46 kg/cm <sup>2</sup> (0,89 / 13,83) Seca: 2,45 kg/cm <sup>2</sup> (0,93 / 37,79)
Dureza janka **	Sentido axial Verde: 397,00 kg (11,57 / 46,65) Seca: 489,50 kg (10,80 / 53,45)
	Sentido lateral Verde: 401,00 kg (11,55 / 45,32) Seca: 488,00 kg (10,55 / 51,27)
Extracción de clavos	Sentido axial Verde: 39,76 kg (14,55 / 36,60) Seca: 29,56 kg (5,95 / 20,14)
	Sentido lateral Verde: 56,02 kg (19,10 / 34,10) Seca: 35,22 kg (17,24 / 48,94)

**Notas:**

La condición verde está sobre el Punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de Contenido de humedad.

Los número entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación  
18 muestras ensayadas por c/propiedad mecánica

## 7. Propiedades químicas de la madera

Propiedades químicas	Composición	
Composición global	Holocelulosa %	
	Lignina %	
	Extractos totales %	10,65 %
	Cenizas %	0,86 %
Análisis químico elemental	Nitrógeno	0,20 % (0,01 / 0,03)
	Fósforo	0,04 % (0,02 / 0,50)
	Calcio	0,14 % (0,06 / 0,47)
	Magnesio	0,07 % (0,04 / 0,48)
	Potasio	0,16 %
	Azufre	0,01 % (0,00 / 0,00)
Análisis químico elemental	Hierro	1,00 mg/kg ()
	Cobre	5,00 mg/kg (1,00 / 0,20)
	Zinc	2,00 mg/kg (1,00 / 0,50)
	Manganeso	No determinado
	Boro	2,66 mg/kg (1,53 / 0,60)
Solubilidades	NaOH (al 1%)	11,98% (1,17 / 8,86)
	H2O caliente	3,13% (0,87 / 35,38)
	H2O fría	3,28% (0,93 / 46,60)
	Diclorometano	No determinado
	Tolueno-alcohol	No determinado
pH	5,08	

Nota:

Los números entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación

## 8. Desempeño y calidad de aserrío de la madera

Aserrío	Descripción																				
Desempeño en aserrío	El aserrío de las trozas de teca es de mediana dificultad cuando se procesa con sierras de cinta portátil, básicamente por el desafilado que provoca. Las trozas de esta especie presentan poca cantidad de nudos, curvaturas poco pronunciadas y baja conicidad, permitiendo un buen manipuleo. Al ser la madera de teca abrasiva, se deben utilizar sierras circulares calzadas con carburo de tungsteno, para aumentar su resistencia al desgaste.																				
Calidad de la madera	Las piezas de teca no presentan grano veloso, lo que da como resultado una buena calidad de madera aserrada. Durante el aserrío se producen pocas torceduras y rajaduras. La buena aplicación de las actividades de manejo de las plantaciones de teca, contribuye a mejorar la calidad de la madera aserrada. Además, las podas oportunas y bien implementadas evitan la formación de nudos.																				
Rendimiento de la madera	<p>El rendimiento promedio en general se establece en 45% . Los rendimientos de las trozas de buena calidad pueden variar de 40 a 60% . El rendimiento aumenta con el incremento del diámetro de las trozas. La siguiente tabla muestra los rendimientos promedio de teca por categoría diamétrica, de algunas experiencias realizadas en Costa Rica.</p> <table border="1" data-bbox="532 762 1273 936"> <thead> <tr> <th><i>Categoría de diámetro (cm)</i></th> <th><i>Cantidad de trozas</i></th> <th><i>Diámetro Promedio (cm)</i></th> <th><i>Rendimiento (%)</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10 - 15</td> <td>30</td> <td>13,88</td> <td>30,03</td> </tr> <tr> <td>15 - 25</td> <td>180</td> <td>19,11</td> <td>43,18</td> </tr> <tr> <td>25 - 30</td> <td>105</td> <td>22,45</td> <td>52,15</td> </tr> <tr> <td>Mayor a 30 cm</td> <td></td> <td></td> <td>55-60</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Categoría de diámetro (cm)</i>	<i>Cantidad de trozas</i>	<i>Diámetro Promedio (cm)</i>	<i>Rendimiento (%)</i>	10 - 15	30	13,88	30,03	15 - 25	180	19,11	43,18	25 - 30	105	22,45	52,15	Mayor a 30 cm			55-60
<i>Categoría de diámetro (cm)</i>	<i>Cantidad de trozas</i>	<i>Diámetro Promedio (cm)</i>	<i>Rendimiento (%)</i>																		
10 - 15	30	13,88	30,03																		
15 - 25	180	19,11	43,18																		
25 - 30	105	22,45	52,15																		
Mayor a 30 cm			55-60																		



Aserrío de trozas en sierra doble de cadenas



Aserrío en aserraderos portátiles tipo cinta



Madera de teca en bloques labrados para exportación

## 9. Secado al aire de la madera

Parámetro	Descripción																
Clasificación	La especie se clasifica como de moderada velocidad de secado.																
Tiempo de secado	<p>Alcanza un 15 y 18 % CH en 49 días. La siguiente tabla muestra la cantidad de días necesarios y la razón de secado para alcanzar un contenido de humedad del 20%, considerando diferentes espesores de madera aserrada.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Esesor (cm)</th> <th>CHi (%)</th> <th>Número de días*</th> <th>Razón de secado (%/día)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,54</td> <td>79,21</td> <td>14,00</td> <td>4,50</td> </tr> <tr> <td>3,81</td> <td>78,76</td> <td>18,00</td> <td>3,46</td> </tr> <tr> <td>5,08</td> <td>77,05</td> <td>23,00</td> <td>2,58</td> </tr> </tbody> </table> <p>CHi: Contenido de humedad inicial *Número de días para alcanzar 20% de CH.</p>	Esesor (cm)	CHi (%)	Número de días*	Razón de secado (%/día)	2,54	79,21	14,00	4,50	3,81	78,76	18,00	3,46	5,08	77,05	23,00	2,58
Esesor (cm)	CHi (%)	Número de días*	Razón de secado (%/día)														
2,54	79,21	14,00	4,50														
3,81	78,76	18,00	3,46														
5,08	77,05	23,00	2,58														
Calidad del secado	<p><i>Grietas</i>: La zonas próximas a los nudos se presentan algunas grietas de tamaño pequeño.</p> <p><i>Rajaduras</i>: se presentan en todas aquellas con presencia de medula y las que no posee la medula se presentan en poca cantidad.</p> <p><i>Arqueadura</i>: de la que se produce por el proceso de aserrió, el aumento es de poca magnitud.</p> <p><i>Encorvadura</i>: se aumenta en poca magnitud en madera con este defecto producido por el proceso de aserrió.</p> <p><i>Acanalado</i>: en piezas anchas se presentan, pero en piezas angostas de poca incidencia.</p> <p><i>Aladeo</i>: de poca presencia</p> <p><i>Colapso</i>: no se presenta este defecto.</p>																



Madera aserrada apilada al aire (cubierta del sol y el agua)



Muestras de control de humedad



Rajaduras por cabeza asociadas a la presencia de medula

## 10. Secado al horno de la madera

Parámetro	Descripción	Programa de secado recomendado				
Clasificación	Es considerada de rápido secado y con una buena uniformidad del contenido de humedad final en la carga de madera.					
Tiempo de secado	En madera de 2,54 cm de espesor presenta un tiempo de secado de 142-168 horas, con un contenido de humedad inicial de 72% y un contenido de humedad final de la madera aproximadamente entre 8-10% .					
Calidad del secado	La aparición de rajaduras y grietas se asocia con la presencia de médula y nudos. Los defectos del secado son arqueadura (2-3%), encorvadura (24-28%), alabeo (27-78%), rajaduras (13-15%) y grietas (9-13%). El alabeo es el defecto más significativo, con un valor máximo determinado de 1,8 mm. Este defecto no se presenta en piezas antes del proceso de secado y podría estar influenciado por el programa de secado utilizado y la orientación de corte en el aserrío. Las piezas de corte oblicuo son más propensas a éste defecto. Mientras que las rajaduras más críticas presentan un incremento de 24,5 mm luego del secado. De manera general, la teca se considera una madera de buena calidad posterior al secado.					
			<i>Etapa</i>	<i>T (°C)</i>	<i>CHE</i>	<i>HR (%)</i>
			Calefacción	55	-	-
				58	14,0	-
			Secado	60	13,8	80
				60	12,5	75
				60	10,0	65
				65	8,5	55
				70	7,7	50
				72	6,4	40
				75	5,2	30
		75	3,7	25		
	Igualización	75	11,0	-		
	Acondicionamiento	75	11,5	-		
	Enfriamiento	35	11,5	-		
		T: Temperatura CHE: Contenido de Humedad en Equilibrio HR: Humedad Relativa				



Secado en cámara convencional



Calidad de madera en secadora convencional



Apilado en cámara de secadora solar

## 11. Preservación de la madera

Preservación	Descripción								
Tratamiento de difusión	<p>La madera preservada sin presión (inmersión-difusión con sales de boro), donde se obtiene una penetración muy alta del preservante tanto en la albura como en el duramen. Este preservante se recomienda para uso en interiores (madera bajo techo). La siguiente tabla muestra el tiempo de difusión de <i>T. grandis</i> con el tratamiento sin presión a diferentes espesores, con una retención del 100% en cada uno de ellos.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Espesor (cm)</th> <th>Tiempo difusión (días)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,54</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>3,81</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>5,08</td> <td>30</td> </tr> </tbody> </table>	Espesor (cm)	Tiempo difusión (días)	2,54	15	3,81	20	5,08	30
Espesor (cm)	Tiempo difusión (días)								
2,54	15								
3,81	20								
5,08	30								
Tratamiento a presión	<p>Con el tratamiento a presión, se logra una penetración total en la albura, mientras que en el duramen la penetración es nula y en algunos casos es parcial (porciones correspondientes al leño temprano con poros grandes y más numerosos). La absorción del preservante en la madera es de 292,9 litros/m<sup>3</sup> y la retención es de 3,0 kg/m<sup>3</sup>. La madera preservada con el método vacío-presión (preservante Wolmanit CX-10®), que se clasifica como riesgo Clase 2, se recomienda para uso bajo techo y temporalmente humedecida.</p>								



Madera preservada con boro (cubierta para difundir el preservante)



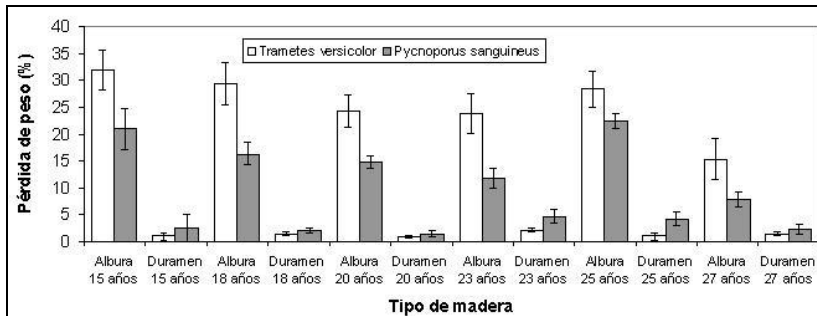
Color rojo intenso (penetración casi total)



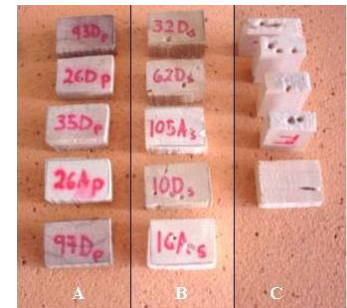
Penetración casi nula en madera con duramen (el color azul indica la penetración del preservante)

## 12. Durabilidad de la madera

Tipo de ataque	Descripción
Hongos	Según ensayos de durabilidad natural, realizados bajo la norma ASTM D 2017-84 (1994) y utilizando los hongos <i>Trametes versicolor</i> y <i>Pycnoporus sanguineus</i> (estándares internacionales para este tipo de ensayo), la madera de albura de teca se clasifica como moderadamente resistente al ataque del hongo <i>T. versicolor</i> y resistente al ataque de <i>P. sanguineus</i> ; por su parte la madera de duramen, se clasifica como altamente resistente al ataque de ambos hongos.
Insectos	Especie ampliamente resistente al ataque de termitas de madera seca y moderadamente resistente a las de madera húmeda, coleópteros barrenadores de la madera (líctidos, anóbidos, escoltídos y cerambícidos) y organismos xilófagos marinos; con la ventaja de que al preservar la madera se logra incrementar aún más su resistencia ante el ataque de estos agentes de biodeterioro.



La figura muestra la pérdida de peso (%) de *Tectona grandis*, por ataque de los hongos en las pruebas suelo-bloque. Se observa que la madera de albura presenta pérdidas de peso entre 15% y 26%, dependiendo de tipo de hongo evaluado. Por su parte, en el duramen las pérdidas de peso oscilaron entre 1% y 3% para *T. versicolor* y *P. sanguineus*, respectivamente.



Muestras de madera con ataque de termitas

### 13. Trabajabilidad de la madera

Operación	Descripción
Cepillado	<p><i>Clasificación:</i> el cepillado de teca juvenil (6-12 años) presenta un elevado porcentaje de área libre de defectos (80-90%). Esto da una percepción de madera de fácil a moderadamente fácil cepillado.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> Los defectos encontrados son el grano arrancado (asociado con nudos), el grano rugoso y veloso, en general se clasifican como de grado leve.</p> <p><i>Recomendación:</i> Para obtener madera de teca de buena calidad superficial en cepillado en las primeras fases del maquinado (cepillado, moldurado) es recomendable que la mayoría de los cortes sean tangenciales. Con máquinas de cepillado convencionales, se recomienda emplear velocidades de avance de 9-12 m/min.; en maderas con alta cantidad de nudos se debe utilizar una velocidad de avance menor como 6 m/min. Esto para disminuir el defecto de grano arrancado. Se recomienda además un menor ángulo de corte (10°) que genera un menor porcentaje de grano arrancado, en comparación con el ángulo de corte de 30°. En una línea de producción se debe encontrar un balance entre la calidad deseada (menor porcentaje de grano arrancado-GA) y una mayor producción por hora.</p>
Lijado	<p><i>Clasificación:</i> La teca se clasifica de fácil lijado, pues no presenta mayores dificultades para su desbaste.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> La combinación del rayado, la textura gruesa y los defectos generados después del cepillado (grano rugoso), hacen difícil la obtención de una superficie completamente lisa, a menos que el lijado se realice en áreas libres de defectos.</p> <p><i>Recomendación:</i> Dada la frecuente aparición de rayado de la superficie, se recomienda utilizar lija nº 120 ó 150 y en algunos casos granos más finos, para lograr una buena calidad superficial previa al acabado final.</p>
Taladrado	<p><i>Clasificación:</i> La teca posee de regular a buenas características de taladrado, sin embargo la operación es muy dependiente del tipo de madera y de broca que se utilice.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> Presenta grano arrancado, vellosidad, falta de lisura y quemaduras internas.</p> <p><i>Recomendación:</i> Utilizar una adecuada combinación de velocidad de giro y tipo de broca de acuerdo con la eficiencia y la calidad del orificio. En el caso de la broca para metal (modificada para madera), el taladrado es eficiente en la penetración, no obstante, la calidad de la superficie es relativamente mala. En contraste, la broca diseñada para madera produce una penetración deficiente y buena calidad del orificio.</p>



Presencia de grano arrancado luego del cepillado



Muestra de albura y duramen excelente calidad superficial



Calidad del orificio en taladrado con broca de para madera

### 13. Trabajabilidad de la madera (continuación)

Operación	Descripción
Torneado	<p><i>Clasificación:</i> En términos generales, la madera de teca se comporta como una especie con buenas características de torneado.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> La calidad del torneado es determinada por la presencia de defectos como grano arrancado, grano vellosos y grano rugoso. En el corte oblicuo a la fibra (45°), la calidad es buena y en el corte paralelo a la fibra la calidad es regular.</p> <p><i>Recomendación:</i> Los ángulos de 40 y 60° en el corte oblicuo son los más recomendados pues presentan una mejor calidad superficial. En el corte paralelo a las fibras cuando se emplean ángulos de 0° y 15° se obtiene resultados que pueden ser considerados como regulares, tomando en cuenta la magnitud de los defectos, como el grano arrancado y ocasionalmente grano rugoso.</p> <p><i>Recomendación general:</i> Para todas las operaciones evaluadas, se debe considerar que la madera de teca presenta un alto grado de abrasividad que repercute directamente en un mayor desgaste de los filos de las herramientas de corte, por lo que se recomienda procesar esta madera con puntas y filos reforzados con carburo de tungsteno o materiales similares.</p>
Moldurado	<p><i>Clasificación:</i> En madera seca adecuadamente se presenta muy buenos resultados incluso es denominado excelente moldurado, a pesar de su alta abrasividad que provoca la poca durabilidad del filo de las cuchillas.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> En madera de árboles jóvenes o la parte interna del árbol algunas veces es frecuente encontrar grano arrancado combinado con grano vellosos, pero se cataloga de leve a moderado. La madera adulta libre de nudos presenta pocos defectos.</p> <p><i>Recomendación:</i> Se requiere de cuchillas/perfiles contruidos de carburo de tungsteno para contrarrestar la alta abrasividad de la especie.</p>
Escopleado	<p><i>Clasificación:</i> La calidad del escopleado en esta especie es muy buena.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> Se presentan pocos defectos y poca presencia de grano arrancado.</p> <p><i>Recomendación:</i> Apta para este tipo de trabajo en todos los cortes.</p>



Buena calidad del torneado de madera aserrada



Moldura de macho-hembra posible de fabricar en teca



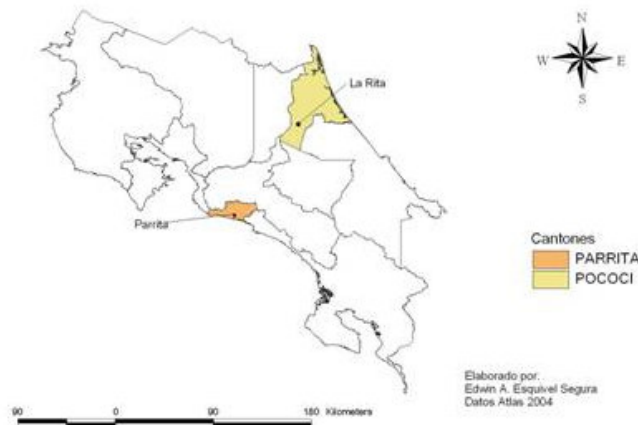
Pieza escopleada en respaldo de silla

#### 14. Procedencia del material

El material utilizado para generar la información fue recolectado en dos plantaciones de teca (sitio I y II), ubicadas en el cantón de Parrita, provincia de Puntarenas (región Pacífico Central), en las coordenadas geográficas de 84°13' Oeste y 09°30' Norte. La región en general presenta una precipitación media anual que varía entre 2600 y 3200 mm, temperaturas entre 22 y 32 °C y se encuentra dentro de la zona de vida bosque húmedo tropical (bh-T) (Holdridge 1967 y Bolaños *et al.* 1999).

El sitio I (40 ha) se consideró de alta calidad para la siembra de teca y es un terreno aluvial profundo, de topografía plana, con buen drenaje natural y de textura franco arenosa. El sitio II (15 ha) se considera de baja calidad y se caracteriza por ser un terreno pedregoso, formado por pequeñas colinas y con buen drenaje natural. Ambas plantaciones se establecieron en el año 1993 a un espaciamiento de 3 x 3 metros, con una densidad de 1100 árboles/ha y recibieron las primeras prácticas de mantenimiento (raleos y podas) al año 6. En el momento del muestreo, las plantaciones tenían una edad de 12 años y densidades de 450 árboles/ha. La masa forestal poseía un diámetro promedio de 30 cm, una altura promedio de 24,5 m y un área basal de 22 m<sup>2</sup>/ha. Para realizar el muestreo de los árboles, cada uno de los sitios se dividió en dos parcelas de 500 m<sup>2</sup>, con el propósito de seleccionar y medir los árboles representativos de cada sitio. La escogencia del lugar exacto donde se ubicaron las parcelas dentro de cada sitio se realizó al azar.

#### Procedencia de Muestreo



#### MAPA DE UBICACIÓN DEL LUGAR DE PROCEDENCIA DEL MATERIAL

Ubicación geográfica de la plantación de *Tectona grandis* de 12 años de edad, Parrita, Costa Rica.

# Amarillón

---

**Nombre científico***Terminalia amazonia* A. Chev.**Familia**Combretaceae

---

## 1. Aprovechamiento de plantaciones

Característica	Descripción
Facilidad de corte	En árbol de segundo o de turnos de rotación son moderadamente fácil de cortar, en alguno caso influye la copa al no permitir que caiga libremente. Aunque esta especie desarrolla “gambas” estas no llegan a afectar el corte del árbol, así como la dureza de la madera no provoca desgaste excesivo.
Caída natural	En general es fácil de determinar la caída natural, debido a que el árbol no desarrolla un copa simétrica, dando como resultado que la copa se poseione hacia unos de sus lados y así definir su caída natural.
Dirección de caída	La misma irregularidad de la copa hace que cambiar la dirección de caída sea de mediana dificultad, así también las “gambas” de tamaño medio en el fuste pueden afectar.
Desafilado de sierras	Ocurre el desafilado normal de especies de mediana densidad. Sin embargo, se problemas asociados al embotamiento de la cadena de la motosierra por la acumulación de resinas con aserrín, por lo que cada cierto periodo debe eliminarse esta concentración alrededor de los dientes.
Susceptibilidad a quebraduras	No se presentan problemas con quebraduras del fuste.
Fisonomía del fuste	En general el árbol hasta la primeras ramas tiene una forma cilíndrica, por lo produce troza rectas y forma casi circular. No obstante, en la sección que contiene la rama la calidad de las trozas disminuye por la presencia de deformaciones y ramas en muchos casos gruesas.
Trozas por árbol	La buena forma de fuste del árbol, permite obtener entre 4-6 (promedio de 5 trozas/árbol) trozas por árbol. No obstante, como se mencionó la calidad de las trozas es inferior en la parte alta del árbol.
Frecuencia de ramas	Se presentan poca presencia de ramas en las trozas de la parte inferior y en la parte inferior puede oscilar de 2-4 ramas/metro lineal de troza.
Operación de desrame	Es realizada rápidamente debido a que se producen pocas ramas y estas se concentran principalmente en la parte superior del árbol.



Plantación de amarillón de 15 años de edad en el Cantón de Perez Zeledón



Presencia de “gambas” en la base del árbol



Operación de corte durante el aprovechamiento

## 2. Transporte y durabilidad de trozas

Característica	Descripción
Troceo	No se presentan problemas con esta operación de aprovechamiento, no obstante en ocasiones se presentan tensiones de crecimiento y las ramas en la parte alta del árbol, pudiendo afectar la operación.
Acarreo	El transporte de las trozas de diámetro medio (menor a 25 cm) al sitio de acopio se puede realizar por medio de la fuerza humana. Las trozas de 2,5 m de largo, de 25 cm de diámetro promedio y su densidad en condición en verde de 810 kg/m <sup>3</sup> , poseen un peso aproximado de 100 kg. En tanto trozas de mayor tamaño debe realizarse con otros equipos o bien fuerza animal.
Apilado	La operación es sencilla y las trozas se acomodan fácilmente por su excelente forma.
Durabilidad de trozas	Las trozas dejadas dentro de la plantación o en sitios de acopio, después de un periodo de 3 meses, es atacada por insectos de tipo <i>Lycitis sp</i> que son fácilmente apreciables por la presencia de un polvo blanco cerca de las trozas y saliendo de la corteza.



Despuntado del árbol durante la operación de aprovechamiento



Troceo del árbol en patio de acopio



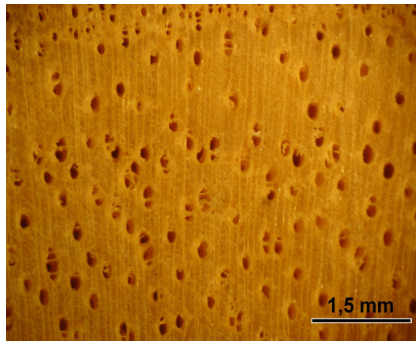
Reventaduras de trozas en patio de acopio (periodos que no superan el mes de almacenamiento)

### 3. Descripción general y macroscópica de la madera

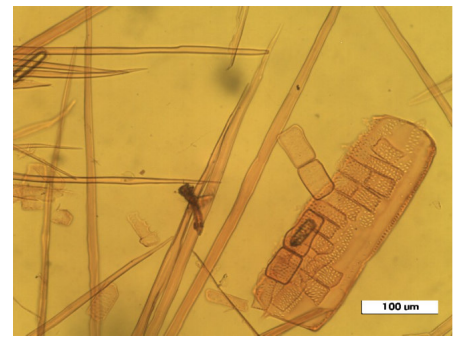
Descripción	Detalle
General	<p><i>Color:</i> no hay una marcación entre la albura y el duramen. En condición seca el color de la madera se torna amarillo pálido (2,5 Y 8/4 a 5 Y 8/3). <i>Textura:</i> fina. <i>Olor:</i> imperceptible. <i>Sabor:</i> imperceptible o indistintivo. <i>Brillo:</i> de regular a brillante. <i>Veteado:</i> poco presente con líneas verticales un poco oscuras que contrastan con el color amarillento de la madera. <i>Tipo de grano:</i> recto. <i>Anillos de crecimiento:</i> existe marcación de anillos de crecimiento por bandas marginales de parénquima y paredes celulares más gruesas en las fibras. <i>Densidad:</i> en condición seca al aire es de 0,54 g/cm<sup>3</sup> considerado como moderadamente pesada.</p>
Macroscópica	<p><i>Vasos:</i> ligeramente visibles a simple vista y visibles con aumento de 10x. <i>Porosidad:</i> semi-anular a difusa, tendencia a formar bandas tangenciales y oblicuas. <i>Distribución:</i> difuso. <i>Sustancias presentes:</i> tñides presencia en los vasos del duramen de color blanco en el lumen. <i>Parénquima axial:</i> visible a simple vista paratraqueal vasicéntrico, aliforme losangular y poco de tipo confluyente. <i>Parénquima radial:</i> visible sólo a un aumento de 10x, con estratificación ausente.</p>



Corte tangencial longitudinal



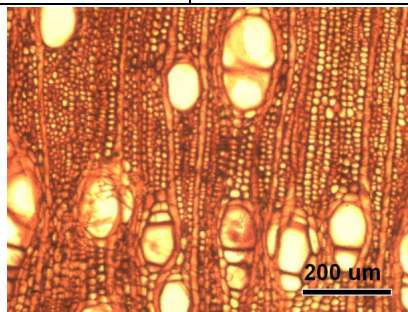
Corte transversal macroscópico



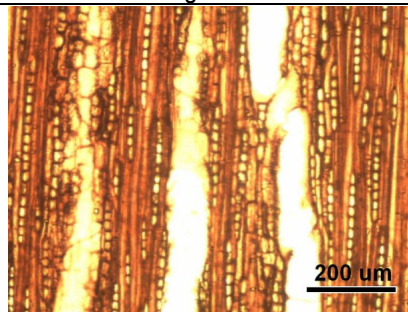
Fibra, parénquima y vaso

#### 4. Descripción microscópica de la madera

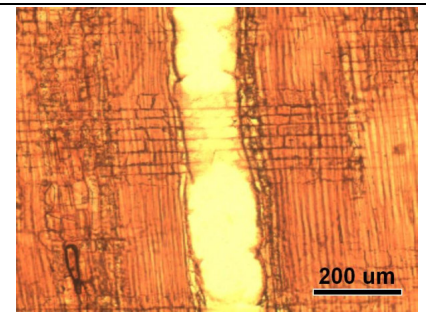
Descripción microscópica	Detalle
Vasos	<p><i>Porosidad:</i> semianular a difusa. <i>Distribución:</i> tiende a formar bandas tangenciales y oblicuas, radiales. <i>Agrupamiento:</i> mediana presencia de poros solitarios en promedio 73,27% (58 – 84,84%) y numerosos múltiplos de 2-4 células en sentido radial. <i>Frecuencia:</i> poco numerosos, promedio 7,81 (5,58-11,06)/mm<sup>2</sup>. <i>Diámetro:</i> poros de dos tamaños, medianos con promedio de 121,04 (76,33-183,62) μm y pequeños con diámetro menor a 100 μm. <i>Largo:</i> longitud media, promedio 464.72 μm (320,86-685,48μm). <i>Paredes helicoidales:</i> ausentes. <i>Apéndices:</i> en ambos extremos y de tamaño cortos a medianos. <i>Placa de perforación:</i> simples. <i>Presencia de cristales:</i> no se observan. <i>Gomas:</i> se observan. <i>Tílides:</i> se observan. <i>Puntuaciones inter-vasculares:</i> poligonales, múltiples, alternas, abundantes y borde distintivo. Diámetro pequeño, promedio 4,4 (3,53-5,73) μm, de gran abundancia y con presencia de ornamentaciones. <i>Puntuaciones rayos-vasculares:</i> poligonales y redondeadas, múltiples, alternas, abundantes y borde distintivo. Diámetro pequeño, promedio 3,47 (2,53-4,4) μm. Abertura sin ornamentaciones. <i>Puntuaciones parénquima-vasculares:</i> poligonales, múltiples, alternas, abundantes y borde distintivo. Diámetro pequeño, promedio 4,83 (3,68-6,58) μm. Abertura sin ornamentaciones.</p>
Fibras	<p><i>Forma:</i> fusiformes. <i>Septos:</i> ausentes. <i>Estratificación:</i> medianamente estratificadas. <i>Dimensiones:</i> largo pequeño, promedio 1,11mm (0,78-1,46mm); diámetro promedio de 26,78μm (19.04-33.83 μm); diámetro promedio de lumen 19,96μm (12.44-27.08 μm); fibra con espesor promedio de la pared celular delgada de 3,41μm (1,8-4,49μm). <i>Puntuaciones:</i> diminutas y aeroleadas. <i>Presencia de cristales:</i> ausentes.</p>
Parénquima radial	<p><i>Tipo:</i> regularmente estratificado. <i>Dimensiones:</i> radios uniseriados de 9 (4-15) células en altura, diámetro promedio 259,26 (115,3-419,34) μm, de 18,23 (12,95- 24,56) μm en ancho. <i>Frecuencia:</i> mediana, de 7,4 (5,6-8,9)/mm. <i>Tipo de células:</i> homocelulares procumbentes. <i>Presencia de cristales:</i> alta, tipo alargados de oxalato de calcio.</p>
Parénquima axial	<p><i>Tipo:</i> paratraqueal escaso o vasicéntrico escaso. <i>Tipo de células:</i> seriadas. <i>Estratificación:</i> no estratificado. <i>Presencia de cristales:</i> alargados de oxalato de calcio.</p>



Corte transversal



Corte tangencial-longitudinal



Corte radial-longitudinal

## 5. Propiedades físicas de la madera

Propiedades físicas	Condición
Densidad	Verde: 0,81 g/cm <sup>3</sup> (0,09 / 10,95) Seca al aire: 0,60 g/cm <sup>3</sup> (0,07 / 11,74) Seca al horno: 0,54 g/cm <sup>3</sup> (0,07 / 12,28)
Peso específico	Básico: 0,49 (0,06 / 12,15) Seco al aire: 0,52 (0,06 / 12,29) Seco al horno: 0,55 (0,06 / 11,53)
Contenido de humedad inicial	Verde: 65,99 % (15,49 / 23,47)
Capacidad calórica	Verde a 146%: 7456 KJ/kg (1954 / 26,21) Seco a 12%: 15918 KJ/kg (888 / 5,58)
Contracción radial	Verde al 12% (normal): 1,61 % (0,56 / 35,10) Verde al 0% (total): 3,34 % (0,88 / 26,46)
Contracción tangencial	Verde al 12% (normal): 2,78 % (0,49 / 17,54) Verde al 0% (total): 5,31 % (0,65 / 12,23)
Contracción volumétrica	Verde al 12% (normal): 5,07 % (0,68 / 13,34) Verde al 0% (total): 9,92 % (5,70 / 57,46)
Razón contracción T/R	Verde al 12% (normal): 1,87 (0,59 / 31,54) Verde al 0% (total): 1,67 (0,38 / 22,65)

**Notas:**

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los número entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación

T/R: relación contracción tangencial / contracción radial

## 6. Propiedades mecánicas de la madera

Propiedades mecánicas	Condición
Esfuerzo máximo compresión paralela a la fibra	Verde: 139,75 kg/cm <sup>2</sup> (38,18 / 27,32) Seca: 189,00 kg/cm <sup>2</sup> (22,06 / 11,67)
Esfuerzo máximo compresión perpendicular a la fibra	Verde: 138,91 kg/cm <sup>2</sup> (24,02 / 17,29) Seca: 234,32 kg/cm <sup>2</sup> (50,79 / 21,68)
Esfuerzo máximo tensión paralela a la fibra	Verde: 115,98 kg/cm <sup>2</sup> (13,12 / 11,31) Seca: 595,34 kg/cm <sup>2</sup> (157,50 / 26,46)
Flexión estática (1 carga)	Modelo de Ruptura (MOR) Verde: 560,44 kg/cm <sup>2</sup> (89,80 / 16,02) Seca: 775,92 kg/cm <sup>2</sup> (118,98 / 15,33)
	Modulo de elasticidad (MOE)*1000 Verde: 100,4193 kg/cm <sup>2</sup> (25642,17 / 25,54) Seca: 121,4802 kg/cm <sup>2</sup> (10672,11 / 8,79)
Esfuerzo máximo cortante paralela a la fibra	Sentido tangencial Verde: 84,59 kg/cm <sup>2</sup> (7,75 / 9,16) Seca: 98,50 kg/cm <sup>2</sup> (27,39 / 27,80)
	Sentido radial Verde: 75,57 kg/cm <sup>2</sup> (10,15 / 13,44) Seca: 78,85 kg/cm <sup>2</sup> (16,47 / 20,97)
Esfuerzo máximo tensión perpendicular a la fibra	Sentido tangencial Verde: 17,69 kg/cm <sup>2</sup> (22,56 / 127,53) Seca: 21,83 kg/cm <sup>2</sup> (9,79 / 44,84)
	Sentido radial Verde: 11,47 kg/cm <sup>2</sup> (28,98 / 252,63) Seca: 17,71 kg/cm <sup>2</sup> (7,50 / 42,35)

Notas:

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los número entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación  
18 muestras ensayadas por cada propiedad mecánica

## 6. Propiedades mecánicas (continuación)

Propiedades mecánicas	Condición
Esfuerzo máximo clivaje	Sentido tangencial Verde: 3,74 kg/cm <sup>2</sup> (1,01 / 27,10) Seca: 3,51 kg/cm <sup>2</sup> (1,53 / 43,67)
	Sentido radial Verde: 4,21 kg/cm <sup>2</sup> (0,74 / 17,69) Seca: 4,07 kg/cm <sup>2</sup> (1,16 / 28,53)
Dureza Janka	Sentido axial Verde: 216,38 kg (43,16 / 19,95) Seca: 397,47 kg (99,45 / 25,02)
	Sentido lateral Verde: 167,15 kg (38,69 / 23,15) Seca: 231,63 kg (90,75 / 39,18)
Extracción de clavos	Sentido axial Verde: 36,87 kg (10,87 / 29,45) Seca: 44,22 kg (18,28 / 41,34)
	Sentido lateral Verde: 62,33 kg (13,30 / 21,34) Seca: 63,45kg (31,58 / 49,77)

**Notas:**

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los números entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación  
18 muestras ensayadas por cada propiedad mecánica




## 7. Propiedades químicas de la madera

Propiedades químicas	Composición	
Composición global	Holocelulosa	% ()
	Lignina	% ()
	Cenizas	0,38 % (0,07 / 17,47)
	Sílice	2,17 ppm (1,47 / 67,94)
Análisis químico elemental	Nitrógeno	0,30 % (0,04 / 0,12)
	Fósforo	0,01 % (0,00 / 0,00)
	Calcio	0,09 % (0,01 / 0,07)
	Magnesio	0,01 % (0,00 / 0,00)
	Potasio	0,14 % (0,02 / 0,15)
	Azufre	0,02 % (0,01 / 0,35)
Análisis químico elemental	Hierro	18,33 mg/kg (10,41 / 0,57)
	Cobre	2,50 mg/kg (2,12 / 0,85)
	Zinc	2,00 mg/kg (1,00 / 0,50)
	Manganeso	11,67 mg/kg (2,31 / 0,20)
	Boro	2,00 mg/kg (1,00 / 0,50)
Solubilidades	NaOH (al 1%)	22,40 % (1,06 / 4,73)
	H2O caliente	15,28 % (1,62 / 10,58)
	H2O fría	8,24 % (1,18 / 14,35)
	Diclorometano	1,04 % (0,67 / 64,32)
	Tolueno-alcohol	3,38 % (1,60 / 47,41)
pH	3,79 (0,12 / 3,15)	




Nota:

Los números entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación

## 8. Desempeño y calidad de aserrío

Aserrío	Descripción												
Desempeño en aserrío	Las trozas de pequeño diámetro presentan en general un buen comportamiento, no obstante en algunas trozas se presentan tensiones de crecimiento que producen madera aserrada con pandeos o torceduras. También es frecuente encontrar alrededor de los dientes de las herramientas de corte un embotamiento producto de una mezcla entre el aserrín y algún tipo de resina presente en la madera en condición verde.												
Calidad de la madera	En el proceso de aserrío de trozas provenientes de plantaciones forestales se producen algunas problemas relacionados a las torceduras y rajaduras de las tablas, debido a la presencia de tensiones de crecimiento y la presencia de medula. En tablas luego de del proceso de aserrío se encontró que las grietas estuvieron presente en el 28,75% de las tablas (longitud media de 4,55 cm), las rajaduras están presente en 92,50% de las piezas (longitud media de 23,99 cm), el acanalado no fue encontrado en madera de 7,5 cm de ancho, el 66,25% de las tablas presentan arqueduras (con 2,27mm de flecha), el 97,50% de las tablas con problemas de encorvadura (en promedio 15,21 mm de flecha) y el 6,25% con problemas de aladeo (promedio de 0,20 mm).												
Rendimiento de la madera	<p>El rendimiento puede ser superior a 50% cuando estas trozas son aserradas a lo ancho de la troza. Sin embargo, en el momento de llevar esta madera al mercado puede limitar su comercialización por el alto porcentaje de tablas con encorvadura y aladeos producto de las tensiones. La siguiente tabla muestra los rendimientos y las características de las trozas de arrarillón:</p> <table border="1" data-bbox="711 850 1166 1039"> <thead> <tr> <th data-bbox="711 850 938 884">Diámetro (cm)</th> <th data-bbox="938 850 1166 884">Rendimiento (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="711 884 938 917">15-20</td> <td data-bbox="938 884 1166 917">25-35</td> </tr> <tr> <td data-bbox="711 917 938 951">20-25</td> <td data-bbox="938 917 1166 951">30-40</td> </tr> <tr> <td data-bbox="711 951 938 984">25-30</td> <td data-bbox="938 951 1166 984">40-50</td> </tr> <tr> <td data-bbox="711 984 938 1018">30-35</td> <td data-bbox="938 984 1166 1018">45-55</td> </tr> <tr> <td data-bbox="711 1018 938 1052">Mayor a 35 cm</td> <td data-bbox="938 1018 1166 1052">50-65</td> </tr> </tbody> </table>	Diámetro (cm)	Rendimiento (%)	15-20	25-35	20-25	30-40	25-30	40-50	30-35	45-55	Mayor a 35 cm	50-65
Diámetro (cm)	Rendimiento (%)												
15-20	25-35												
20-25	30-40												
25-30	40-50												
30-35	45-55												
Mayor a 35 cm	50-65												
													
Presencia de tensiones de crecimiento durante el aserrío con aserradero tradicional	Rajaduras por producidas por la presencia de la medula en la madera aserrada de amarillón	Madera aserrada, mostrando los nudos y la presencia de la médula											

## 9. Secado al aire de la madera

Parámetro	Descripción																												
Clasificación	El amarillón proveniente de plantaciones jóvenes es considerado de rápido secado, ya que para espesores de entre 5,0 y 7,5 cm se obtienen tiempos de secado inferior a 35 días, que según la norma COPAN (1972) establece que especies de madera con periodos de secado menor a 100 días son de rápido secado.																												
Tiempo de secado	<p>La madera de cebo presenta una razón de secado que oscila entre 0,76 a 3,18% /día y tiempos para alcanzar el 20% de contenido de humedad entre 8 y 35 días para los diferentes espesores. La siguiente tabla muestra los diferentes parámetros de secado al aire para amarillón de diferentes espesores.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Espesor (cm)</th> <th>Chi (%)</th> <th>Número de días*</th> <th>Razón de secado (%/día)**</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,2</td> <td>45.42</td> <td>8</td> <td>3.18</td> </tr> <tr> <td>2,5</td> <td>41.59</td> <td>13</td> <td>1.66</td> </tr> <tr> <td>3,8</td> <td>47.53</td> <td>20</td> <td>1.38</td> </tr> <tr> <td>5,0</td> <td>45.62</td> <td>28</td> <td>0.91</td> </tr> <tr> <td>6,2</td> <td>44.34</td> <td>32</td> <td>0.76</td> </tr> <tr> <td>7,5</td> <td>44.72</td> <td>35</td> <td>0.77</td> </tr> </tbody> </table> <p>**Contenido de humedad inicial (Chi) / *Número de días para alcanzar 20% de CH</p>	Espesor (cm)	Chi (%)	Número de días*	Razón de secado (%/día)**	1,2	45.42	8	3.18	2,5	41.59	13	1.66	3,8	47.53	20	1.38	5,0	45.62	28	0.91	6,2	44.34	32	0.76	7,5	44.72	35	0.77
Espesor (cm)	Chi (%)	Número de días*	Razón de secado (%/día)**																										
1,2	45.42	8	3.18																										
2,5	41.59	13	1.66																										
3,8	47.53	20	1.38																										
5,0	45.62	28	0.91																										
6,2	44.34	32	0.76																										
7,5	44.72	35	0.77																										
Calidad del secado	<p><i>Grieta y rajaduras:</i> además de las ya producida en por el aserrío de la troza por tensiones de crecimiento, ocurren la presencia de grietas, rajaduras o reventaduras en los extremos de las tablas próximos a los nudos. Los defecto de arquedura y encorvadura se presenta con frecuencia, en tanto que el acanalado o aladeo son poco frecuentes.</p> <p><i>Manchas:</i> cuando la madera es apropiadamente apilada no ocurren problemas de manchas o ataque de hongos.</p>																												
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>Pila de secado al aire de amarillón en combinación con madera de ciprés.</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Protección de la madera ante la radiación solar y la lluvia en secado al aire.</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Desarrollo de rajaduras en amarillón durante el secado al aire</p> </div> </div>																													

## 10. Secado al horno de la madera

Clasificación	Descripción	Programa de secado recomendado																																																
Clasificación	Es considerado de moderado a rápido secado y con el desarrollado de defectos como rajaduras, grietas, torceduras y pandeos.																																																	
Tiempo de secado	Madera de 2,54 cm de espesor con un contenido de humedad inicial de 66,61% presenta un tiempo de secado de 186 horas para llegar al 12,00%, lo que significa una velocidad de secado de 0,32%/hora, incrementando y disminuyendo este tiempo con el aumento o decrecimiento del espesor de la madera, respectivamente.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etapa</th> <th>T (°C)</th> <th>CHE</th> <th>HR (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">Calefacción</td> <td>39</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>17.6</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>43</td> <td>17.6</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>43</td> <td>16.3</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td rowspan="6">Secado</td> <td>43</td> <td>13.6</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>49</td> <td>9.9</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>54</td> <td>5.7</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>2.9</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>71</td> <td>3.4</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>71</td> <td>3.4</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Igualización</td> <td>71</td> <td>3.4</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Acondicionamiento</td> <td>70</td> <td>5.0</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Enfriamiento</td> <td>30</td> <td>5.0</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p>T: Temperatura (°C)            CHE: Contenido de Humedad en Equilibrio (%)            HR: Humedad Relativa (%)            Fuente: programa T3-C2 Sydney et al. 1988</p>	Etapa	T (°C)	CHE	HR (%)	Calefacción	39	-	-	40	17.6	-	43	17.6	50	43	16.3	45	Secado	43	13.6	30	49	9.9	25	54	5.7	20	60	2.9	15	71	3.4	12	71	3.4	12	Igualización	71	3.4	12	Acondicionamiento	70	5.0	-	Enfriamiento	30	5.0	-
Etapa	T (°C)	CHE	HR (%)																																															
Calefacción	39	-	-																																															
	40	17.6	-																																															
	43	17.6	50																																															
	43	16.3	45																																															
Secado	43	13.6	30																																															
	49	9.9	25																																															
	54	5.7	20																																															
	60	2.9	15																																															
	71	3.4	12																																															
	71	3.4	12																																															
Igualización	71	3.4	12																																															
Acondicionamiento	70	5.0	-																																															
Enfriamiento	30	5.0	-																																															
Calidad del secado	Las rajaduras o grietas ocurren alrededor del 50% de las piezas luego del secado, con un promedio en longitud de 3,2 cm. En cuanto a la arqueadura por el secado aumenta en las piezas que tenían antes del secado. El defecto de aladeo en las piezas que tenían antes del secado no se incrementa con el secado de la madera seca. La encorvadura y acanalado de incrementa ligeramente en la madera seca.																																																	



Madera de amarillón antes del proceso de secadora convencional



Apilado de madera de amarillón en secadora convencional



Ubicación de las sondas de medición de humedad en la madera de amarillón.

## 11. Preservación de la madera

Preservación	Descripción
Tratamiento de difusión	La madera preservada sin presión utilizando el método inmersión-difusión con sales de boro se observó que la difusión en el 100% de la sección transversal de diferentes espesores ocurrió en un lapso menor a 5 días, lo que la cataloga como una especie fácilmente de preservar con este método. Este comportamiento no ocurre en las diferentes especies de plantación analizadas en este documento, lo que la hace una madera muy ventajosa para preservar. Se debe tener cuidado de no mantener la madera aserrada mucho tiempo cubierto con plástico ya que es susceptible a que se produzcan hongos superficiales que tienden a dar un negro, sin embargo este tipo de hongo es superficial.
Tratamiento a presión	Con el tratamiento a presión, se logra una penetración vascular y parcial irregular en la albura, mientras que en el duramen la penetración es nula. La absorción del preservante en la madera es de 216,1 litros/m <sup>3</sup> y la retención es de 4,3 kg/m <sup>3</sup> . La madera preservada con el método vacío-presión (preservante Wolmanit CX-10®), que se clasifica como riesgo Clase 2, se recomienda para uso bajo techo y temporalmente humedecida.



Madera de diferentes espesores preservadas con el método inmersión – difusión (el color rojo intenso indica la penetración)



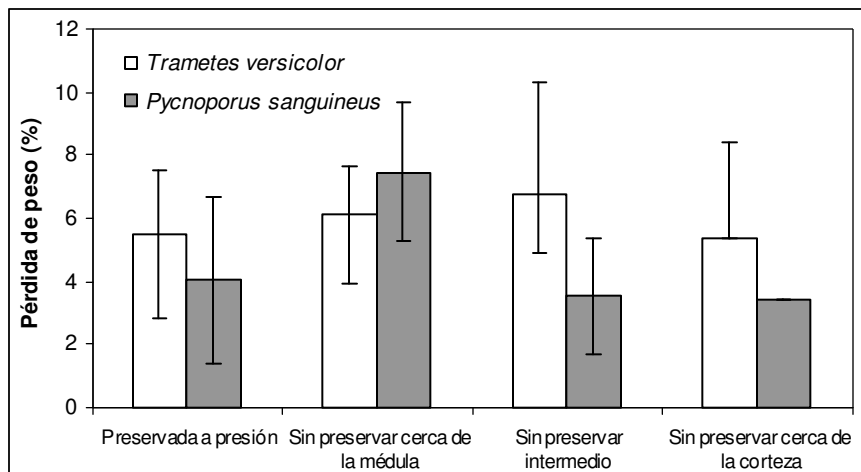
Desarrollo de hongos superficiales en madera que ha estado cubierta durante la difusión de boro.



Penetración casi nula en madera de duramen (el color azul indica la penetración del preservante)

## 12. Durabilidad de la madera

Tipo de ataque	Descripción
Hongos	Según ensayos de durabilidad natural, realizados bajo la norma ASTM D 2017-84 (1994) y utilizando los hongos <i>Trametes versicolor</i> y <i>Pycnoporus sanguineus</i> (estándares internacionales para este tipo de ensayo), la madera de <i>amarillón preservada a presión con CCA</i> , se clasifica como altamente resistente al ataque de ambos hongos. <i>La madera sin preservar</i> cercana a la médula, en posición intermedia y cerca de la corteza para ambos tipos de hongos se clasifican igualmente como una especie altamente resistente. Los valores obtenidos para la madera preservada a presión fueron muy similares a los obtenidos por la madera sin tratamiento, ya que este especie es impermeable y no permite la entrada de sustancias preservantes.
Insectos	El amarillón es poco resistente al ataque de termitas de madera seca y húmeda cuando de trata de madera de albura, pero la madera duramen es moderadamente resistente al ataque de este insecto. La madera de árboles adultos con duramen es altamente resistente al ataque de terminas. Para aumentar la resistencia al ataque de estos insectos en madera de plantación es necesario preservar la madera con sales de boro.



La figura muestra la pérdida de peso en porcentaje de *Hyeronyma alchomeoides* por ataque del hongo *T. versicolor*, en madera preservada con sales de CCA a presión la cual tuvo un valor de 5% mientras que la madera sin preservar proveniente de tres posiciones distintas dentro del árbol (zona central, intermedia y externa) presentaron valores de 6%, 7% y 5% respectivamente. Para el caso del *P. sanguineus* las pérdidas de peso fueron de 7%, 3,5% y 3,4% para las mismas posiciones radiales y para la madera tratada con CCA fue de 4% .

### 13. Trabajabilidad de la madera

Operación	Descripción
Cepillado	<p><b>Clasificación:</b> de buena calidad al utilizar ángulo de ataque en cuchillas de 30° y velocidad de alimentación de 20 m/min, logrando una superficie libre de daño del 75%, velocidades inferiores a la indicada propician la aparición de defectos.</p> <p><b>Presencia de defectos:</b> se presenta madera con vello leve cuando se usa la cuchilla con ángulo de 30° y velocidad de 20 m/min. Si se disminuye la velocidad aparece el grano arrancado leve y moderado, afectado hasta un 50% de la superficie.</p> <p><b>Recomendación:</b> Utilizar la cuchilla con ángulo de ataque de 30° y velocidades de avance altas cercanas a los 20 m/min. No se recomienda utilizar cuchillas con ángulo de ataque de 15° pues se propicia la aparición del grano arrancado moderado hasta en un 60% de la superficie.</p>
Lijado	<p><b>Clasificación:</b> es muy fácil de lijar, hay un embotamiento y desgaste normal de la lija. La superficie que se lija se calienta y alcanza temperaturas altas que alcanzan en promedio los 42 °C.</p> <p><b>Presencia de defectos:</b> la superficie podría presentar rayas</p> <p><b>Recomendación:</b> preferiblemente empezar a lijar con #60 para eliminar los defectos del cepillado y finalmente la lija #100 para lograr superficies más fina.</p>
Taladrado	<p><b>Clasificación:</b> con broca para metal y taladro con 1000 rpm se hacen orificios rápidamente y la calidad de la superficie taladrada es muy buena. Con la broca para madera se logran orificios de muy buena calidad, pero la penetración de la broca es más lenta.</p> <p><b>Defectos:</b> con broca de metal la superficie del orificio pierde lisura y se presenta hasta en un 25% del área taladrada, el grano arrancado. La broca de metal genera hasta un 75% de la superficie con grano arrancado.</p> <p><b>Recomendación:</b> Utilizar el taladro a 1000 rpm, y la broca para metal.</p>



Superficie con grano arrancado moderado



Superficie con excelente calidad de lijado



Orificios taladrados con broca para metal de buena calidad

### 13. Trabajabilidad de la madera (continuación)

Torneado	<p><b>Clasificación:</b> Resulta de buena calidad cuando se introduce la gubia de forma horizontal, pero al inclinar la gubia el corte pierde calidad hasta en un 50% , en este caso empiezan a aparecer quemaduras en la superficie torneada.</p> <p><b>Presencia de defectos:</b> se visualiza grano arrancado leve cuando la gubia se introduce horizontal. Si la gubia ingresa inclinada la superficie torneada se quema producto del calentamiento de la misma. Cuando la gubia ingresa de forma inclinada se presenta grano arrancado hasta en 50% de la superficie</p> <p><b>Recomendación:</b> torneados con esta especie son mejores al utilizar la gubia en forma horizontal y debe prestarse atención al filo de las gubias.</p>
Moldurado	<p><b>Clasificación:</b> La calidad del moldurado que se obtiene en esta especie es muy buena.</p> <p><b>Presencia de defectos:</b> Presenta vellosidad leve.</p> <p><b>Recomendación:</b> Esta especie es apta para este tipo de trabajo.</p>
Escopleado	<p><b>Clasificación:</b> La calidad del escopleado es muy buena.</p> <p><b>Presencia de defectos:</b> Se presentan vellosidad leve</p> <p><b>Recomendación:</b> Apta para este tipo de trabajo.</p>



Superficies obtenidas torneadas con gubia ingresando en forma inclinada y horizontal



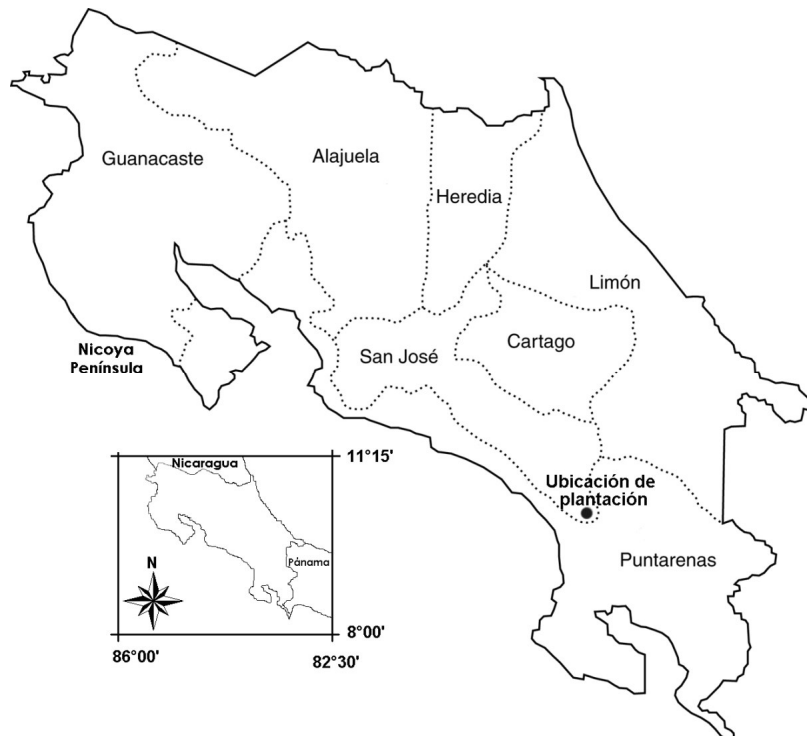
Superficie moldurada de buena calidad en amarillón



Orificio escopleado con presencia de vellos en la superficie

#### 14. Procedencia del material

Fue utilizado para generar la anterior información una plantación de 14 años de edad, propiedad de la Rafael Varela ubica en la localidad de Mercedes de Cajón cantón de Pérez Zeledón en la provincia de San José (N 09 32' 45"-W83° 21' 50"). Fueron seleccionado 9 árboles de la plantación y fueron cortado justamente en el momento de realizar el segundo raleo. La plantación fue plantada a un densidad inicial de 1100 árboles hectárea (espaciamiento de 3 x 3 m), y hasta el momento fue aplicado un raleo sanitario y 2 raleo del 50% a la edad de 5 y 9 años. Las condiciones en el momento del muestreo fueron: densidad de plantación de 452 árboles hectárea<sup>-1</sup>, altura comercial de 21,40 metros, diámetro altura del pecho de 22,59 cm.



Ubicación geográfica de la plantación de amarillón de 14 años de edad, San José, Costa Rica.

# Surá

---

**Nombre científico**

*Terminalia oblonga* A. (Ruiz & Pav.) Sted

**Familia**

Combretaceae

---

## 1. Aprovechamiento de plantaciones

Característica	Descripción
Facilidad de corte	En general los árboles de surá son de fácil corte, no obstante tiene el problema de presenta "gambas" a corta edad, dando como resultado que el tiempo de corta, por lo general, es mayor que aquellos árboles que no lo tienen, debido a que es preferible eliminar estas.
Caída natural	Eliminando apropiadamente las "gambas" no se presentan problemas con la caída natural, al presentar un fuste bastante recto.
Dirección de caída	Si no es eliminado las "gambas" el cambio de dirección de caída podría verse afectado y puede que el árbol caiga en zonas no apropiadas.
Desafilado de sierras	No se producen el desafilado extremo de las herramientas de corte, ocurre el desafilado normal de especies de mediana densidad. No obstante, se dan embotamiento corte en las sierras de corte por la acumulación de resinas con aserrín, por lo que cada cierto periodo debe eliminarse esta concentración alrededor de los dientes.
Susceptibilidad a quebraduras	No se presentan problemas con quebraduras del fuste.
Fisonomía del fuste	A excepción de la primera troza, que presenta una forma irregular por la presencia de "gambas" en la base del árbol, el resto de árbol produce troza rectas y forma casi circular.
Trozas por árbol	Debido a la excelentes forma de fuste del árbol, la cantidad a obtener por árbol puede variar de 4-7 troza (promedio de 5 trozas/árbol)
Frecuencia de ramas	Se presentan poca presencia de ramas, las trozas de la parte inferior son de pocas ramas y en la parte inferior puede oscilar de 3-5 ramas/metro lineal de troza.
Operación de desrame	Es realizada rápidamente debido a que se producen pocas ramas y estas se concentran principalmente en la parte superior del árbol.



Fisonomía del árbol de surá de 14 años



Presencia de "gambas" en la base del árbol



Eliminación de "gambas" antes del corte total del árbol

## 2. Transporte y durabilidad de trozas

Característica	Descripción
Troceo	Es realizado fácilmente producto de las pocas tensiones de crecimiento y la poca presencia de ramas.
Acarreo	El transporte de las trozas de diámetro medio (menor a 25 cm) al sitio de acopio se puede realizar por medio de la fuerza humana. Las trozas de 2,5 m de largo, de 25 cm de diámetro promedio y su densidad en condición en verde de 930 kg/m <sup>3</sup> , poseen un peso aproximado de 114 kg. En tanto trozas de mayor tamaño debe realizarse con otros equipos o bien fuerza animal.
Apilado	La operación puede ser sencilla de realizar, las trozas se acomodan fácilmente por su excelente forma. No obstante el tipo de corteza que presenta puede que ocurra deslizamiento entre ellas.
Durabilidad de trozas	Las trozas dejadas dentro de la plantación o en sitios de acopio, después de un periodo de 3 meses, es atacada por insectos de tipo <i>Lycitis sp</i> que son fácilmente apreciables por la presencia de un polvo blanco cerca de las trozas y saliendo de la corteza.



Eliminación de las “gambas” para mejorar la forma de la troza



Inicio del troceo del árbol



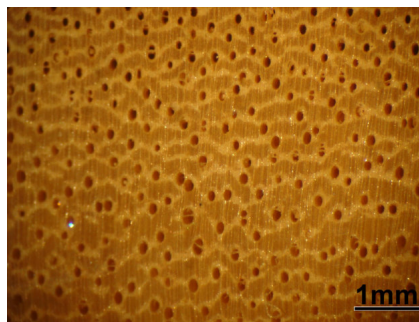
Transporte con fuerza humano

### 3. Descripción general y macroscópica de la madera

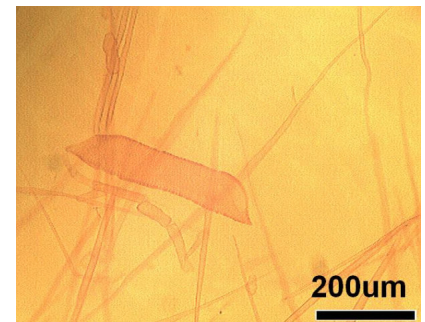
Descripción	Detalle
General	<p><i>Color:</i> no hay una marcación entre la albura y el duramen en madera de plantación. En condición seca el color de la madera se torna amarillo pálido (2.5Y 8/4 a 5Y 8/3). <i>Textura:</i> fina. <i>Olor:</i> imperceptible. <i>Sabor:</i> imperceptible o indistintivo. <i>Brillo:</i> de regular a brillante. <i>Veteado:</i> poco presente con líneas verticales un poco oscuras que contrastan con el color amarillento de la madera. <i>Tipo de grano:</i> recto. <i>Anillos de crecimiento:</i> existe marcación de anillos de crecimiento por bandas marginales de parénquima y paredes celulares más gruesas en las fibras. <i>Densidad de la madera:</i> en condición seca al aire es de 0,54 g/cm<sup>3</sup> considerado como moderadamente pesada.</p>
Macroscópica	<p><i>Vasos:</i> ligeramente visibles a simple vista y visibles con aumento de 10x, porosidad de semi-anular a difusa, tendencia a formar bandas tangenciales y oblicuas. <i>Sustancias presentes en vasos:</i> tílides presencia en los vasos del duramen de color blanco en el lumen. <i>Parénquima axial:</i> visible a simple vista, paratraqueal vasicéntrico, aliforme losangular y poco de tipo confluyente. <i>Parénquima radial:</i> visible sólo a un aumento de 10x, con estratificación ausente.</p>



Corte tangencial longitudinal



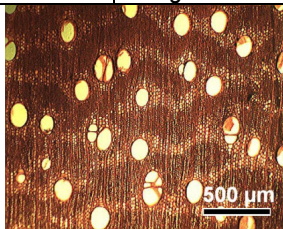
Corte transversal macroscópico



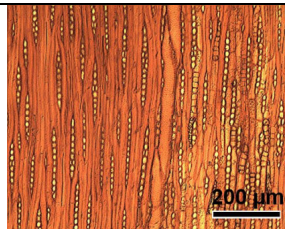
Fibra, parénquima y vaso

#### 4. Descripción microscópica de la madera

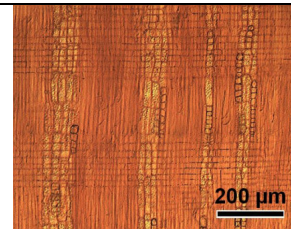
Descripción microscópica	Detalle
Vasos	<p><i>Porosidad:</i> semianular a difusa. <i>Distribución:</i> tiende a formar bandas tangenciales y oblicuas, radiales. <i>Agrupamiento:</i> mediana presencia de poros solitarios, en promedio 73,27% (58 – 84,84%) y múltiplos de 2-4 células en sentido radial. <i>Frecuencia:</i> vasos pocos numerosos, promedio 7,81 vasos (5,58-11,06)/mm<sup>2</sup>. <i>Largo:</i> largo de longitud media, de promedio 464,72 μm (320,86-685,48μm). <i>Diámetro:</i> poros de dos tamaños, con diámetro medio con promedio de 121,04 (76,33-183,62) μm y poros pequeños menor a 100 μm de diámetro. <i>Paredes helicoidales:</i> ausentes. <i>Apéndices:</i> en ambos extremos y de tamaño cortos a medianos. <i>Placa de perforación:</i> Simples. <i>Goma o tilides:</i> Se observan. <i>Presencia de cristales:</i> No se observaron. <i>Puntuaciones intervasculares:</i> poligonales, con borde distintivo, múltiples, alternas, y abundantes. De diámetro pequeño, promedio 4,4 (3,53-5,73) μm, de gran abundancia y con presencia de ornamentaciones. <i>Puntuaciones rayos-vasculares:</i> con borde distinto, similar a la intervasculares de forma y tamaño a través del radio. De diámetro pequeño, promedio 3,47 (2,53-4,4) μm. <i>Abertura con ornamentaciones.</i> <i>Puntuaciones parénquima-vasculares:</i> con borde distinto, similar a la intervasculares de forma y tamaño a través de la célula. Sin presencia de ornamentaciones.</p>
Fibras	<p><i>Estratificación:</i> medianamente estratificadas. <i>Septos:</i> no hay presencia. <i>Puntuaciones:</i> diminutas y aeroleadas. <i>Presencia de cristales:</i> no hay presencia. <i>Dimensiones:</i> fibras de largo pequeño, con promedio de 1,11 mm (0,78-1,46 mm); diámetro promedio de 26,78 μm (19,04-33,83 μm); diámetro promedio de lumen de 19,96 μm (12,44-27,08 μm); fibra con espesor promedio de la pared celular delgada de 3,41μm (1,8-4,49 μm).</p>
Parénquima radial	<p><i>Tipo:</i> regularmente estratificado; con presencia de radios uniseriados de 9 (4-15) células en altura, de altura promedio de 259 (115,3-419,34) μm, de 18,23 (12,95- 24,56) μm en ancho. <i>Frecuencia:</i> media, de 7,4 (5,6-8,9)/mm. <i>Tipo de células:</i> homocelulares de células procumbentes. <i>Presencia de cristales:</i> alta presencia de cristales tipo alargados de oxalato de calcio.</p>
Parénquima axial	<p><i>Tipo:</i> paratraqueal escaso o vasicéntrico escaso; células de tipo seriado. <i>Tipo de células:</i> fusiformes sobre 5 células por filamento. <i>Estratificación:</i> ausente. <i>Presencia de cristales:</i> presencia de cristales alargados de oxalato de calcio.</p>



Corte transversal



Corte tangencial-longitudinal



Corte radial-longitudinal

## 5. Propiedades físicas de la madera

Propiedades físicas	Condición
Densidad	Verde: 0,93 g/cm <sup>3</sup> (0,10 / 10,52) Seca al aire: 0,65 g/cm <sup>3</sup> (0,08 / 12,76) Seca al horno: 0,61 g/cm <sup>3</sup> (0,08 / 13,03)
Peso específico	Básico: 0,55 (0,07 / 12,03) Seco al aire: 0,58 (0,07 / 12,72) Seco al horno: 0,61 (0,08 / 13,03)
Contenido de humedad inicial	Verde: 71,12 % (10,96 / 15,41)
Capacidad calórica	Verde a 71%: 12270 KJ/kg (2506 / 20,42) Seco a 12%: 14403 KJ/kg (2184 / 15,16)
Contracción radial	Verde al 12% (normal): 1,51 % (0,32 / 18,24) Verde al 0% (total): 2,78 % (0,40 / 14,26)
Contracción tangencial	Verde al 12% (normal): 2,95 % (0,54 / 18,24) Verde al 0% (total): 4,87 % (0,77 / 15,78)
Contracción volumétrica	Verde al 12% (normal): 5,84 % (0,77 / 13,28) Verde al 0% (total): 9,47 % (0,85 / 9,02)
Razón contracción T/R	Verde al 12% (normal): 1,98 (0,35 / 17,74) Verde al 0% (total): 1,77(0,29 / 16,3)

**Notas:**

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los número entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación.

T/R: relación contracción tangencial / contracción radial

## 6. Propiedades mecánicas de la madera

Propiedades mecánicas	Condición
Esfuerzo máximo compresión paralela a la fibra	Verde: 219,22 kg/cm <sup>2</sup> (36,52 / 16,66) Seca: 365,14 kg/cm <sup>2</sup> (33,42 / 9,15)
Esfuerzo máximo compresión perpendicular a la fibra	Verde: 195,07 kg/cm <sup>2</sup> (29,21 / 14,97) Seca: 364,16 kg/cm <sup>2</sup> (39,53 / 10,86)
Esfuerzo máximo tensión paralela a la fibra	Verde: 634,88 kg/cm <sup>2</sup> (177,32 / 27,93) Seca: 622,78 kg/cm <sup>2</sup> (182,92 / 29,37)
Flexión estática (1 carga)	Modelo de Ruptura (MOR) Verde: 463,38 kg/cm <sup>2</sup> (82,41 / 17,79) Seca: 783,18 kg/cm <sup>2</sup> (77,52 / 9,90)
	Modulo de elasticidad (MOE)*1000 Verde: 68,35kg/cm <sup>2</sup> (14,75 / 21,57) Seca: 77,47 kg/cm <sup>2</sup> (11,91 / 15,38)
Esfuerzo máximo cortante paralela a la fibra	Sentido tangencial Verde: 62,40 kg/cm <sup>2</sup> (11,32 / 18,15) Seca: 82,35 kg/cm <sup>2</sup> (8,54 / 10,37)
	Sentido radial Verde: 56,76 kg/cm <sup>2</sup> (6,42 / 11,30) Seca: 73,68 kg/cm <sup>2</sup> (5,80 / 7,87)
Esfuerzo máximo tensión perpendicular a la fibra	Sentido tangencial Verde: 35,46 kg/cm <sup>2</sup> (7,68 / 21,65) Seca: 26,52 kg/cm <sup>2</sup> (5,96 / 22,48)
	Sentido radial Verde: 34,32 kg/cm <sup>2</sup> (4,44 / 12,94) Seca: 27,48 kg/cm <sup>2</sup> (6,66 / 24,25)

**Notas:**

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los números entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación  
18 muestras ensayadas por c/propiedad mecánica

## 6. Propiedades mecánicas (continuación)

Propiedades mecánicas	Condición
Esfuerzo máximo clivaje	Sentido tangencial Verde: 6,59 kg/cm <sup>2</sup> (3,08 / 46,76) Seca: 6,66 kg/cm <sup>2</sup> (1,80 / 27,11)
	Sentido radial Verde: 10,21 kg/cm <sup>2</sup> (5,57 / 54,55) Seca: 7,27 kg/cm <sup>2</sup> (1,11 / 15,31)
Dureza Janka	Sentido axial Verde: 215,52 kg (47,46 / 22,02) Seca: 283,69 kg (60,09 / 21,18)
	Sentido lateral Verde: 251,58 kg (62,00 / 24,64) Seca: 341,75 kg (45,51 / 13,32)
Extracción de clavos	Sentido axial Verde: 61,06 kg (11,54 / 18,90) Seca: 46,60 kg (10,58 / 22,24)
	Sentido lateral Verde: 48,65 kg (12,33 / 25,34) Seca: 42,65 kg (14,67 / 34,41)

Notas:

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los número entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación

18 muestras ensayadas por c/propiedad mecánica

## 7. Propiedades químicas de la madera

Propiedades químicas	Composición	
Composición global	Holocelulosa %	
	Lignina %	
	Cenizas	3,47 % (0,48 / 13,67)
	Sílice	1,5 ppm (1,05 / 69,92)
Análisis químico elemental	Nitrógeno	0,34 % (0,02 / 0,04)
	Fósforo	0,02 % (0,00 / 0,16)
	Calcio	0,95 % (0,09 / 0,10)
	Magnesio	0,03 % (0,01 / 0,17)
	Potasio	0,22 % (0,02 / 0,09)
	Azufre	0,03 % (0,00 / 0,09)
	Análisis químico elemental	Hierro
Cobre		2,23 mg/kg (0,38 / 0,17)
Zinc		1,83 mg/kg (0,90 / 0,49)
Manganeso		3,21 mg/kg (0,26 / 0,08)
Boro		3,95 mg/kg (0,84 / 0,21)
Solubilidades	NaOH (al 1%)	19,02 % (2,81 / 14,78)
	H2O caliente	11,21 % (2,82 / 25,13)
	H2O fría	5,32 % (1,07 / 20,11)
	Diclorometano	1,05 (0,38 / 36,26)
	Tolueno-alcohol	2,87 (0,81 / 28,24)
pH	4,13 (0,27 / 6,42)	

Nota:

Los números entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación

## 8. Desempeño y calidad de aserrío de la madera

Aserrío	Descripción												
Desempeño en aserrío	Las trozas de pequeño diámetro presentan en general un buen comportamiento, no obstante en algunas trozas se presentan tensiones de crecimiento que producen madera aserrada con pandeos o torceduras. También es frecuente encontrar alrededor de los dientes de las herramientas de corte un embotamiento producto de una mezcla entre el aserrín y algún tipo de resina presente en la madera en condición verde.												
Calidad de la madera	En el proceso de aserrío de trozas provenientes de plantaciones forestales se producen algunas problemas relacionados a las torceduras y rajaduras de las tablas, debido a la presencia de tensiones de crecimiento y la presencia de medula. En tablas luego de del proceso de aserrío se encontró que las grietas estuvieron presente en el 16% de las tablas (longitud media de 4,2 cm), las rajaduras están presente en 33% de las piezas (longitud media de 5,8 cm), el acanalado no fue encontrado en madera de 7,5 cm de ancho, el 74% de las tablas presentan arqueduras (con 10 mm de flecha), el 41% de las tablas con problemas de encorvadura (en promedio 3,3 mm de flecha) y el 73% con problemas de aladeo (promedio de 4,27 mm).												
Rendimiento de la madera	<p>El rendimiento puede ser superior a 50% cuando estas trozas son aserradas a lo ancho de la troza. Sin embargo, en el momento de llevar esta madera al mercado puede limitar su comercialización por el alto porcentaje de tablas con encorvadura y aladeos producto de las tensiones. La siguiente tabla muestra los rendimientos y las características de las trozas de surá:</p> <table border="1" data-bbox="711 741 1166 919"> <thead> <tr> <th data-bbox="711 741 938 772"><i>Diámetro (cm)</i></th> <th data-bbox="938 741 1166 772"><i>Rendimiento (%)</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="711 772 938 804">15-20</td> <td data-bbox="938 772 1166 804">25-35</td> </tr> <tr> <td data-bbox="711 804 938 835">20-25</td> <td data-bbox="938 804 1166 835">30-40</td> </tr> <tr> <td data-bbox="711 835 938 867">25-30</td> <td data-bbox="938 835 1166 867">40-50</td> </tr> <tr> <td data-bbox="711 867 938 898">30-35</td> <td data-bbox="938 867 1166 898">45-55</td> </tr> <tr> <td data-bbox="711 898 938 930">Mayor a 35 cm</td> <td data-bbox="938 898 1166 930">50-65</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Diámetro (cm)</i>	<i>Rendimiento (%)</i>	15-20	25-35	20-25	30-40	25-30	40-50	30-35	45-55	Mayor a 35 cm	50-65
<i>Diámetro (cm)</i>	<i>Rendimiento (%)</i>												
15-20	25-35												
20-25	30-40												
25-30	40-50												
30-35	45-55												
Mayor a 35 cm	50-65												



Proceso de aserrío con aserradero portátil de banda



Proceso de reaserrío en plantas estacionarias



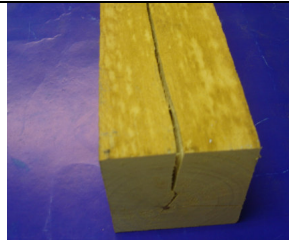
Madera aserrada, mostrando los nudos y la presencia de la médula

## 9. Secado al aire de la madera

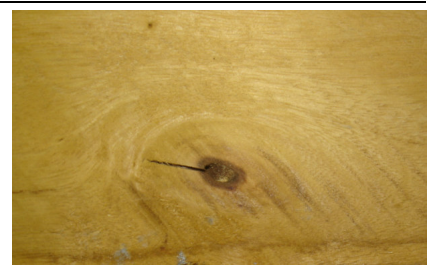
Parámetro	Descripción																												
Clasificación	El surá proveniente de plantaciones jóvenes es considerado de rápido secado, ya que en espesores menor a 7,5 cm se tienen tiempos de secado inferior a 100 días, y según la norma COPAN (1972) establece que especies de madera con periodos de secado menor a 100 días son de rápido secado.																												
Tiempo de secado	<p>La madera de surá presenta una razón de secado que oscila entre 0,78 a 2,27%/día y tiempos para alcanzar el 20% de contenido de humedad entre 20 y 75 días para los diferentes espesores. La siguiente tabla muestra los diferentes parámetros de secado al aire para surá de diferentes espesores.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Espesor (cm)</th> <th>Chi (%)</th> <th>Número de días*</th> <th>Razón de secado (%/día)**</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,2</td> <td>45,48</td> <td>20</td> <td>2,27</td> </tr> <tr> <td>2,5</td> <td>48,99</td> <td>35</td> <td>1,40</td> </tr> <tr> <td>3,8</td> <td>61,83</td> <td>50</td> <td>1,24</td> </tr> <tr> <td>5,0</td> <td>51,49</td> <td>65</td> <td>0,79</td> </tr> <tr> <td>6,2</td> <td>52,91</td> <td>70</td> <td>0,76</td> </tr> <tr> <td>7,5</td> <td>58,78</td> <td>75</td> <td>0,78</td> </tr> </tbody> </table> <p>**Contenido de humedad inicial (Chi) / *Número de días para alcanzar 20% de CH</p>	Espesor (cm)	Chi (%)	Número de días*	Razón de secado (%/día)**	1,2	45,48	20	2,27	2,5	48,99	35	1,40	3,8	61,83	50	1,24	5,0	51,49	65	0,79	6,2	52,91	70	0,76	7,5	58,78	75	0,78
Espesor (cm)	Chi (%)	Número de días*	Razón de secado (%/día)**																										
1,2	45,48	20	2,27																										
2,5	48,99	35	1,40																										
3,8	61,83	50	1,24																										
5,0	51,49	65	0,79																										
6,2	52,91	70	0,76																										
7,5	58,78	75	0,78																										
Calidad del secado	<p><i>Grieta y rajaduras</i> En general se presentan pocas grietas y rajaduras, siendo susceptible de producir rajaduras en regiones próximas a la médula y en regiones alrededor de los nudos o en los extremos de las tablas: Los defectos de <i>arqueadura, acanalado, encorvadura o aladeo</i>: ocurre un ligero aumento de estos defectos al secar al aire, sin embargo son de poca magnitud.</p> <p><i>Colapso</i>: no se presenta</p>																												



Pila de secado al aire, combinación de madera de surá y caoba.



Rajaduras longitudinales por cabeza luego del secado (asociada con presencia de médula)



Grietas luego del secado (asociado con presencia de nudos)

## 10. Secado al horno de la madera

Clasificación	Descripción	Programa de secado recomendado																																																
Clasificación	Es considerado de moderado a lento secado y con problemas en rajaduras, grietas, torceduras y pandeos.																																																	
Tiempo de secado	Madera de 2,54 cm de espesor con un contenido de humedad inicial de 53% presenta un tiempo de secado de 303 horas para llegar al 8%, lo que significa una velocidad de secado de 0,14%/hora, incrementando y disminuyendo este tiempo con el aumento o decrecimiento del espesor de la madera, respectivamente.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etapa</th> <th>T (°C)</th> <th>CHE</th> <th>HR (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Calefacción</td> <td>39</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>17.6</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>43</td> <td>17.6</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td rowspan="7">Secado</td> <td>43</td> <td>16.3</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>43</td> <td>16.3</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>43</td> <td>13.6</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>49</td> <td>9.9</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>54</td> <td>5.7</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>2.9</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>71</td> <td>3.4</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Igualización</td> <td>71</td> <td>3.4</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Acondicionamiento</td> <td>70</td> <td>5.0</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Enfriamiento</td> <td>30</td> <td>5.0</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p>T: Temperatura (°C)            CHE: Contenido de Humedad en Equilibrio (%)            HR: Humedad Relativa (%)            Fuente: programa T3-C2 de Sydney et al. 1988</p>	Etapa	T (°C)	CHE	HR (%)	Calefacción	39	-	-	40	17.6	-	43	17.6	50	Secado	43	16.3	45	43	16.3	40	43	13.6	30	49	9.9	25	54	5.7	20	60	2.9	15	71	3.4	12	Igualización	71	3.4	12	Acondicionamiento	70	5.0	-	Enfriamiento	30	5.0	-
Etapa	T (°C)	CHE	HR (%)																																															
Calefacción	39	-	-																																															
	40	17.6	-																																															
	43	17.6	50																																															
Secado	43	16.3	45																																															
	43	16.3	40																																															
	43	13.6	30																																															
	49	9.9	25																																															
	54	5.7	20																																															
	60	2.9	15																																															
	71	3.4	12																																															
Igualización	71	3.4	12																																															
Acondicionamiento	70	5.0	-																																															
Enfriamiento	30	5.0	-																																															
Calidad del secado	Las rajaduras o grietas ocurren alrededor del 20% de las piezas luego del secado, sin embargo esta no alcanzan longitudes superior a 2 cm. En cuanto a la arqueadura por el secado se tiene que no aumenta ni disminuye o aparece en nuevas tablas por el secado. El defecto de aladeo en la madera seca, y las piezas que presentaban este defecto antes del secado incrementa ligeramente. La encorvadura y acanalado de incrementa en la madera seca.																																																	



Madera de surá antes del proceso de secado convencional



Rajaduras longitudinales luego del secado



Arqueadura en madera aserrada luego del secado

## 11. Preservación de la madera

Preservación	Descripción
Tratamiento de difusión	La madera preservada sin presión (inmersión-difusión con sales de boro), aunque es posible en surá se tiene el inconveniente que no ocurre una penetración total dentro de la madera. Solamente se logra 10 mm de penetración a cualquier espesor en aproximadamente en 15 días, después de ese periodo no se logra más penetración. Además se tiene el inconveniente de que al almacenar la madera para permitir la difusión del preservante se producen hongos de color blanco en la superficie de la madera, por lo que se debe agregar un anti-mancha para evitar la formación de estos hongos.
Tratamiento a presión	Con el tratamiento a presión, se logra una penetración nula tanto en albura como en duramen. Se clasifica como una madera difícil de preservar. La absorción de la madera es de 214,6 litros/m <sup>3</sup> y la retención es de 4,3 kg/m <sup>3</sup> . La madera preservada con el método vacío-presión (preservante Wolmanit CX-10®), que se clasifica como Clase 3, se recomienda para uso cubierto bajo techo y temporalmente humedecida



Penetración de sales de boro con 50 días de almacenamiento (el color rojo indica la penetración del preservante)



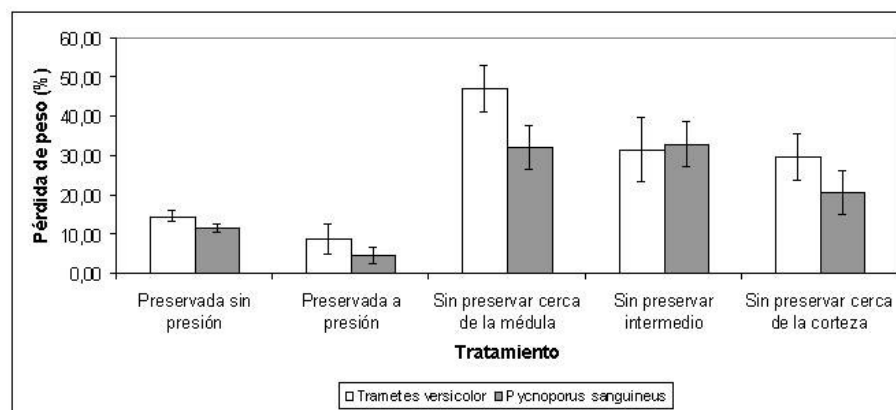
Desarrollo de hongos al mantener la madera almacenada con plástico en el proceso de difusión de sales de boro.



Poste preservado a presión. No muestra la penetración del preservante.

## 12. Durabilidad de la madera

Tipo de ataque	Descripción
Hongos	Según ensayos de durabilidad natural, realizados bajo la norma ASTM D 2017-84 (1994) y utilizando los hongos <i>Trametes versicolor</i> y <i>Pycnoporus sanguineus</i> (estándares internacionales para este tipo de ensayo), la madera de <i>surá preservada con boro sin presión</i> , se clasifica como resistente al ataque de los hongos <i>T. versicolor</i> y <i>P. sanguineus</i> . La madera preservada a presión, se clasifica como altamente resistente al ataque de ambos hongos. La madera sin preservar cercana a la médula se clasifica como no resistente al ataque de <i>T. versicolor</i> y moderadamente resistente al ataque de <i>P. sanguineus</i> . Finalmente, la madera obtenida de la sección intermedia y cercana a la corteza, se clasifica como moderadamente resistente al ataque de ambos hongos.
Insectos	Especie resistente al ataque de termitas de madera seca y húmeda, coleópteros barrenadores de la madera (anóbidos, escolítidos y cerambícidos) y organismos xilófagos marinos, altamente susceptible al deterioro por licidos principalmente en madera elaborada y seca; al preservar la madera se logra incrementar su resistencia ante el ataque de estos agentes de biodeterioro.



La figura muestra la pérdida de peso (%) de *Terminalia oblongata* por ataque de los hongos, en madera preservada (con dos métodos) y madera sin preservar proveniente de tres posiciones distintas dentro del árbol. Se puede observar que la madera sin preservar presenta pérdidas de peso de hasta un 47%, la preservada con boro sin presión tiene pérdidas de peso de un 14% y la preservada a presión solamente pierde un 9%.

### 13. Trabajabilidad de la madera

Operación	Descripción
Cepillado	<p><i>Clasificación:</i> excelente, con ángulo de ataque en cuchillas de 30° y velocidad de alimentación de 6 m/min se logra una superficie libre de daño en un 95%, si se aumenta la velocidad de alimentación la calidad de la superficie libre de daño baja a un 85%. La utilización de ángulo de ataque de 15° disminuye la calidad de la superficie a 80% con velocidad de alimentación de 6 m/min, y a 70% con velocidades de 20 m/min.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> con velocidad de alimentación de 20 m/min y ángulo de ataque de 30° se presenta grano arrancado de moderado a severo. Lo mismo sucede con el ángulo de 15° a velocidades de 20 m/min y 6 m/min.</p> <p><i>Recomendación:</i> Se recomienda utilizar ángulo de ataque de 30° y velocidades bajas cercanas a los 6 m/min. No se recomienda utilizar ángulos de ataque de 15°.</p>
Lijado	<p><i>Clasificación:</i> es muy fácil de lijar, hay un embotamiento normal de la lija pero el desgaste de la superficie es alto y rápido. La superficie que se lija tiende a calentarse con rapidez.</p> <p><i>Presencia de defectos:</i> ninguno.</p> <p><i>Recomendación:</i> preferiblemente empezar a lijar con #60 para eliminar los defectos del cepillado y finalmente la lija de grano superior a 100 para lograr superficies buena calidad, hay que considerar el desgaste rápido de las mismas.</p>
Taladrado	<p><i>Clasificación:</i> con broca para metal la velocidad con que se obtiene el orificio es alta y la calidad de la superficie taladrada es muy buena. Con la broca para madera se logran orificios de excelente calidad, pero la penetración de la broca es lenta.</p> <p><i>Defectos:</i> con broca para madera el único defecto que se presenta, en algunas piezas, es que la superficie taladrada se quema. Con broca para metal el defecto que se presenta es el grano arrancado.</p> <p><i>Recomendación:</i> es preferible utilizar la broca de madera en vez de la broca de metal. Para aumentar la eficiencia en la penetración del taladro se recomiendan revoluciones sobre 1000 rpm.</p>



Superficie libre de daños obtenida después del cepillado



Calidad de lijado excelente para esta especie



Orificios taladrados de excelente calidad obtenidos con broca para madera

### 13. Trabajabilidad de la madera (continuación)

Operación	Descripción
Moldurado	<i>Clasificación:</i> La calidad del moldurado que se obtiene en esta especie es muy buena a excelente. <i>Presencia de defectos:</i> Presenta vellosidad leve y escasa. <i>Recomendación:</i> Esta especie es apta para este tipo de trabajo.
Escopleado	<i>Clasificación:</i> La calidad del escopleado es muy buena. <i>Presencia de defectos:</i> Se presentan madera de poco veloso y en algunas veces grano arrancado, pero en general muy escaso. <i>Recomendación:</i> Apta para este tipo de trabajo en todos los cortes.
Torneado	<i>Clasificación:</i> Resulta de excelente calidad cuando se introduce la gubia de forma horizontal, pero al inclinar la gubia el corte pierde calidad hasta en un 50% . <i>Presencia de defectos:</i> se visualiza grano arrancado cuando la gubia se introduce inclinada, además en algunos cortes la superficie torneada se quema, se presenta el grano arrancado en los bordes del corte. <i>Recomendación:</i> El surá resulta ser regular para el torneado, si se hace debe prestarse atención al filo de las gubias.



Superficies obtenidas torneadas con gubia ingresando en forma inclinada



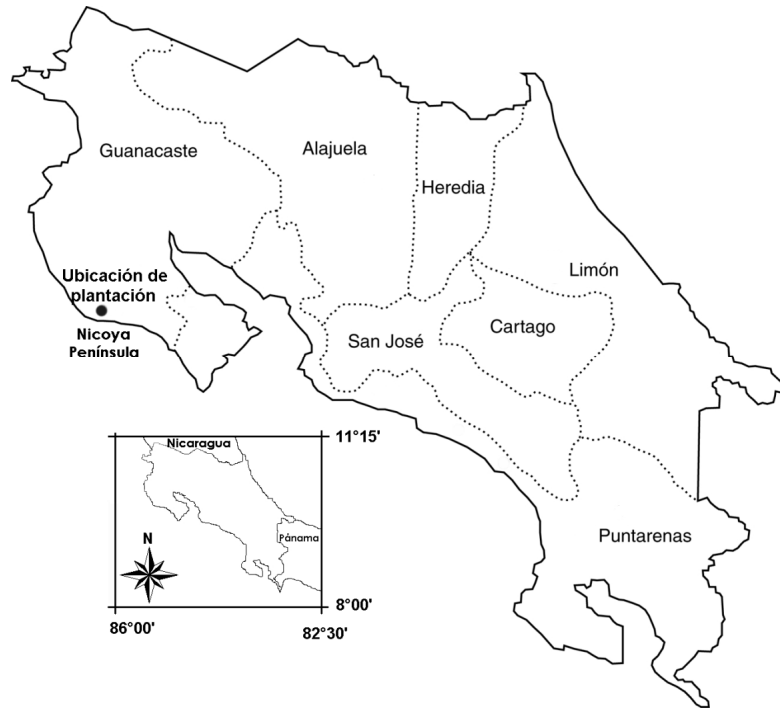
Superficie moldurada de muy buena calidad en surá



Orificio escopleado con presencia de vellos en la superficie

#### 14. Procedencia del material

Fue utilizado para generar la anterior información una plantación de 14 años de edad, propiedad de la empresa Maderas Preciosas de Centroamérica S.A. (MACORI) ubicada en la localidad de Garza cantón de Nicoya en la provincia de Guanacaste (N 09 55' 06"-W 86° 32' 25"). Fueron seleccionados 9 árboles de la plantación y fueron cortados justamente en el momento de realizar el segundo raleo. La plantación fue plantada a una densidad inicial de 1100 árboles hectárea (espaciamiento de 3 x 3 m), y hasta el momento fue aplicado un raleo sanitario y 1 raleo del 50% a la edad de 8 años. Las condiciones en el momento del muestreo fueron de: densidad de plantación de 515 árboles hectárea<sup>-1</sup>, altura comercial de 21.7 metros, diámetro altura del pecho de 18,5 cm.



Ubicación geográfica de la plantación de *sura* de 14 años de edad, Guanacaste, Costa Rica.

# Cebo

---

**Nombre científico**

*Vochysia guatemalensis* Donn Sm.

**Familia**

Vochysiaceae

---

## 1. Aprovechamiento de plantaciones

Característica	Descripción
Facilidad de corte	Es de fácil corte, debido a que la madera es suave, sin embargo debido a que presenta una copa muy desarrollada se debe tener especial cuidado en el momento de dirigir la caída del árbol.
Caída natural	A pesar que los árboles son rectos, con copa muy simétrica y desarrollada, es difícil encontrar la caída natural en sitios planos. Pero en sitios con cierta inclinación, la caída natural es fácil de apreciar.
Cambio de dirección de caída	Por la rectitud y buena forma del fuste es fácil dirigir la caída del árbol o dar un cambio en la caída con el fin de evitar la caída en zonas inapropiadas.
Desafilado de sierras	No se producen desafilado excesivo de las herramientas de corte, de hecho el filo se mantiene por mucho tiempo debido a que es una madera de muy baja densidad. También no se aprecia problemas relacionados con la presencia de sustancias que se adhieran en los dientes o cuerpos de las sierras que afecten su desempeño en el corte.
Susceptibilidad a quebrantaduras	No se presentan problemas con quebrantaduras del fuste.
Fisonomía del fuste	A excepción de la primera troza, que presenta una forma irregular por su conicidad en la base del árbol, el resto de árbol produce trozas rectas y forma muy cilíndricas.
Trozas por árbol	Por su buena forma de fuste del árbol, es posible extraer de un árbol una cantidad de trozas que puede variar entre 3 y 6 trozas dependiendo de la edad del árbol. En el caso específico de un segundo raleo a los 8 años se tubo un promedio de 4 trozas árbol
Frecuencia de ramas	En la parte baja de los árboles se presentan poca frecuencia si el árbol fue adecuadamente manejado. En la parte superior la cantidad de ramas puede variar de 3-6 ramas/metro lineal de troza con diámetros que pueden ser superiores a los 2 cm en algunos casos.
Operación de desrame	La operación no es tan rápida como en otras especies ya que las ramas son abundantes y presentan mucha área foliar, por lo se dificulta el movimiento del fuste para eliminar las ramas.



Plantación de cebo de 8 años de edad en la región Atlántica



Fisonomía de un árbol de cebo mostrado su abundante copa



Aplicación de corte tipo abierto en el aprovechamiento de árboles de 8 años

## 2. Transporte y durabilidad de trozas

Característica	Descripción
Troceo	Es una operación de fácil ejecución. Para el caso de árboles gruesos el movimiento de las trozas una vez cortada del fuste, es necesario utilizar ganchos u otros aditamentos de aprovechamiento para movilizar las trozas debido al elevado peso de la troza.
Acarreo	El transporte de las trozas de diámetro medio (menor a 20 cm) al sitio de acopio se puede realizar por medio de la fuerza humana. Las trozas de 2,5 m de largo, de 20 cm de diámetro promedio con densidad en condición en verde de 900 kg/m <sup>3</sup> , poseen un peso aproximado de 70 kg. En tanto trozas de mayor tamaño debe realizarse con otros equipos o bien fuerza animal.
Apilado	La operación puede ser sencilla de realizar en trozas delgadas, las trozas se acomodan fácilmente por su excelente forma. No obstante, en trozas gruesas y de la parte inferior de los árboles la operación se dificulta por la elevada conicidad y peso de la troza.
Durabilidad de trozas	Las trozas dejadas dentro de la plantación o en sitios de acopio son de muy poca durabilidad, esta no soporta los 6 meses en el patio o dentro de la plantación. Las trozas son rápidamente atacadas por hongos e insectos en la caras de las trozas y luego empiezan aparecer manchas y ataque de <i>Lycitis sp</i> u otro tipo de insectos por la corteza.



Saneo de la base de un árbol de cebo durante el troceo



Transporte interno en la plantación con tractor agrícola y cargado manual



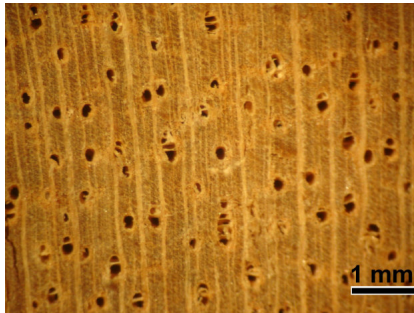
Trozas apiladas de cebo lista para ser transportadas

### 3. Descripción general y macroscópica de la madera

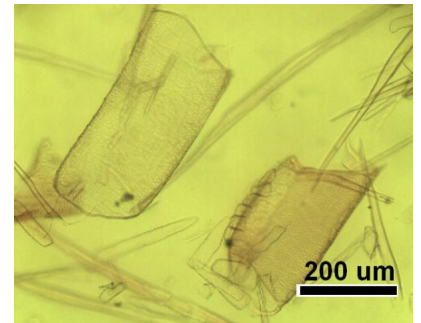
Descripción	Detalle
General	<p><i>Color:</i> En condición seca no se presenta una marcación entre la albura y el duramen: Duramen marcadamente más que la albura. Duramen de color café muy pálido (7,5YR 8/2) y la albura de color blanco (2.5Y 8/2). <i>Textura:</i> gruesa. <i>Olor:</i> Imperceptible. <i>Sabor:</i> Imperceptible o indistintivo. <i>Brillo:</i> moderadamente opaco. <i>Veteado:</i> presenta líneas verticales oscuras que contrastan con el color café pálido de la madera. <i>Tipo de grano:</i> ondulado e inclinado. <i>Anillos de crecimiento:</i> no existe marcación de anillos de crecimiento. <i>Densidad de la madera:</i> seca al aire 0,37 g/cm<sup>3</sup> considerada como madera liviana.</p>
Macroscópica	<p><i>Vasos:</i> visibles a simple vista, porosidad difusa, tendencia a formar una patrón radial, en mayoría simples con pocos múltiples de 2-3 células y algunos pocos en agregados. <i>Sustancias en vasos:</i> no observables. <i>Parénquima axial:</i> ligeramente visible con aumento de 10X, de tipo paratraqueal vasicéntrico escaso en poca cantidad, aliforme de alas cortas, lonsangular y confluyente. <i>Parénquima radial:</i> ligeramente visible a simple vista y muy visible con aumento de 10X, de tamaño grande.</p>



Corte tangencial longitudinal



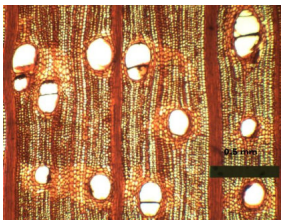
Corte transversal macroscópico



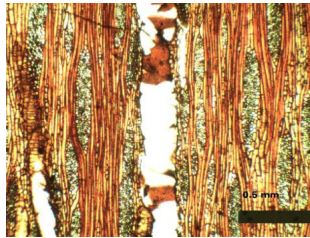
Fibra, parénquima y vaso

#### 4. Descripción microscópica de la madera

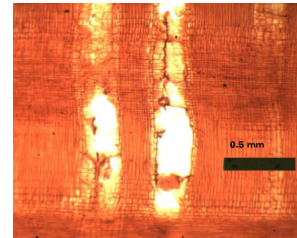
Descripción microscópica	Detalle
Vasos	<p><i>Porosidad:</i> difusa. <i>Distribución:</i> tiende a formar un patrón radial. <i>Agrupamiento:</i> mediana presencia de poros solitarios en promedio 75,58% (66,67–83,33%) y pocos múltiples de 2-3 células en sentido radial. <i>Frecuencia:</i> pocos vasos, promedio 2,88 (2,34-3,51)/mm<sup>2</sup>. <i>Largo:</i> de largo medio con un promedio de 339,18 μm (218,37 – 496,98 μm) y presencia de apéndices cortos. <i>Diámetro:</i> poros de diámetro medio, con promedio de 169,18 (92,35–219,64) μm. <i>Placa de perforación:</i> simple. <i>Gomas o tilides:</i> no se observan. <i>Presencia de cristales:</i> no se observaron. <i>Puntuaciones inter-vasculares:</i> poligonales, múltiples, alternas, y abundantes. De diámetro pequeño, promedio 3,04 (2,55 – 3,74) μm y con presencia de ornamentaciones. <i>Puntuaciones rayos-vasculares:</i> con borde muy recudido a aparentemente simple, puntuación redonda o angular, con ornamentaciones. De diámetro miniatura, promedio 2,59 (1,78–3,07) μm. <i>Abertura con presencia de ornamentaciones.</i> <i>Puntuaciones parénquima-vasculares:</i> con borde muy recudido a aparentemente simple, puntuación redonda o angular y con ornamentaciones.</p>
Fibras	<p><i>Estratificación:</i> ausente. <i>Septos:</i> no hay presencia. <i>Puntuaciones:</i> diminutas y aeroleadas. <i>Presencia de cristales:</i> no hay presencia. <i>Dimensiones:</i> largo promedio de 1,05 mm (0,75 – 1,30 mm), con diámetro de fibra 24,68 μm (18,75-37,49 μm), diámetro de lumen 17,31 μm (11,42-27,68 μm) y con espesor de pared celular delgado de 4,1 μm (0,48-12,52 μm).</p>
Parénquima radial	<p><i>Tipo:</i> no estratificados. <i>Dimensiones:</i> radios largos de 2-4 series y dos tamaños en altura, cada radio con altura promedio de 229,06 (110,05 – 402,86) μm, de 81,54 (50,66 – 117,28) μm en ancho, de 3 a 10 células de ancho. <i>Frecuencia:</i> poca frecuencia de 2,85 (1,44 – 3,37) radios/mm. <i>Tipo de células:</i> heterocelulares, con presencia de 4 filas de células erectas/cuadradas en la parte superior e inferior y procumbentes el cuerpo de radio. <i>Presencia de cristales:</i> no hay presencia.</p>
Parénquima axial	<p><i>Tipo:</i> paratraqueal vasicéntrico escaso en poca cantidad, aliforme de alas cortas, lonsangular y confluyente. <i>Tipo de células:</i> fusiformes de 3 a 6 células por filamento. <i>Estratificación:</i> ausente. <i>Presencia de cristales:</i> no existe presencia.</p>
Otras estructuras	<p>Presencia de canales ubicados axialmente de forma difusa.</p>



Corte transversal



Corte tangencial-longitudinal



Corte radial-longitudinal

## 5. Propiedades físicas de la madera

Propiedades físicas	Condición
Densidad	Verde: 0,88 g/cm <sup>3</sup> (0,07 / 7,79) Seca al aire: 0,44 g/cm <sup>3</sup> (0,07 / 15,60) Seca al horno: 0,36 g/cm <sup>3</sup> (0,03 / 7,14)
Peso específico	Básico: 0,32 (0,02 / 7,28) Seco al aire: 0,34 (0,02 / 6,88) Seco al horno: 0,37 (0,03 / 7,74)
Contenido de humedad inicial	Verde: 177,99 % (15,90 / 8,94)
Capacidad calórica	Verde a 184%: 9109 KJ/kg (2207 / 22,07) Seco a 12%: 16591 KJ/kg (834 / 5,03)
Contracción radial	Verde al 12% (normal): 1,77 % (0,48 / 26,90) Verde al 0% (total): 2,75 % (0,44 / 16,10)
Contracción tangencial	Verde al 12% (normal): 5,01 % (2,14 / 42,64) Verde al 0% (total): 7,38 % (2,16 / 29,31)
Contracción volumétrica	Verde al 12% (normal): 8,15% (1,77/ 21,74) Verde al 0% (total): 12,70 % (1,28 / 10,08)
Razón contracción T/R	Verde al 12% (normal): 2,87 (0,95 / 33,16) Verde al 0% (total): 2,69 (0,58 / 21,51)

**Notas:**

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los número entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación.

T/R: relación contracción tangencial / contracción radial

## 6. Propiedades mecánicas de la madera

Propiedades mecánicas	Condición
Esfuerzo máximo compresión paralela a la fibra	Verde: 145,37 kg/cm <sup>2</sup> (18,30 / 12,59) Seca: 225,93 kg/cm <sup>2</sup> (29,65 / 13,12)
Esfuerzo máximo compresión perpendicular a la fibra	Verde: 46,81 kg/cm <sup>2</sup> (7,33 / 15,66) Seca: 151,76 kg/cm <sup>2</sup> (24,01 / 15,82)
Esfuerzo máximo tensión paralela a la fibra	Verde: 338,78 kg/cm <sup>2</sup> (99,74 / 29,44 ) Seca: 411,29 kg/cm <sup>2</sup> (114,74 / 27,90)
Flexión estática (1 carga)	Modelo de Ruptura (MOR) Verde: 305,74 kg/cm <sup>2</sup> (32,08 /10,49) Seca: 420,48 kg/cm <sup>2</sup> ( 43,41 / 10,32)
	Modulo de elasticidad (MOE)*1000 Verde: 53,522 kg/cm <sup>2</sup> (7520,75 / 14,05) Seca: 65,350 kg/cm <sup>2</sup> (6989,56 / 10,70)
Esfuerzo máximo cortante paralela a la fibra	Sentido tangencial Verde: 56,87 kg/cm <sup>2</sup> (12,31 / 21,65 ) Seca: 72,67 kg/cm <sup>2</sup> (11,03 / 15,17)
	Sentido radial Verde: 44,08 kg/cm <sup>2</sup> (8,21 / 18,63) Seca: 66,58 kg/cm <sup>2</sup> (10,94 / 16,43)
Esfuerzo máximo tensión perpendicular a la fibra	Sentido tangencial Verde: 19,67 kg/cm <sup>2</sup> (5,02 / 25,52) Seca: 21,06 kg/cm <sup>2</sup> (6,18 / 29,33)
	Sentido radial Verde: 16,46 kg/cm <sup>2</sup> (3,54 / 21,48) Seca: 16,76 kg/cm <sup>2</sup> (4,06 / 24,23)

**Notas:**

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los números entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación  
18 muestras ensayadas por c/propiedad mecánica

## 6. Propiedades mecánicas (continuación)

Propiedades mecánicas	Condición
Esfuerzo máximo clivaje	Sentido tangencial Verde: 5,99 kg/cm <sup>2</sup> (1,72 / 28,66) Seca: 6,28 kg/cm <sup>2</sup> (2,22 / 35,35)
	Sentido radial Verde: 5,01 kg/cm <sup>2</sup> (0,56 / 11,16) Seca: 6,06 kg/cm <sup>2</sup> (1,49 / 24,61)
Dureza Janka	Sentido axial Verde: 122,22 kg (30,67 / 25,10) Seca: 191,81 kg (28,91 / 15,07)
	Sentido lateral Verde: 106,50 kg (36,41 / 34,19) Seca: 139,05 kg (23,09 / 16,61)
Extracción de clavos	Sentido axial Verde: 31,06 kg ( 6,67 / 21,46) Seca: 19,56 kg (5,66 / 28,91)
	Sentido lateral Verde: 24,58 kg (4,91 / 19,98) Seca: 21,60 kg ( 5,95 / 27,53)

**Notas:**

La condición verde está sobre el punto de saturación de fibras.

La condición seca al aire está al 12% de contenido de humedad.

Los números entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación  
18 muestras ensayadas por c/propiedad mecánica

## 7. Propiedades químicas de la madera

Propiedades químicas	Composición	
Composición global	Holocelulosa	% ()
	Lignina	% ()
	Cenizas	3,47 % (0,48 / 13,67)
	Sílice	1,5 ppm (1,05 / 69,92)
Análisis químico elemental	Nitrógeno	0,22 % (0,02 / 0,07)
	Fósforo	0,03 % (0,01 / 0,33)
	Calcio	0,05 % (0,00 / 0,00)
	Magnesio	0,14 % (0,01 / 0,04)
	Potasio	0,42 % (0,13 / 0,31)
	Azufre	0,02 % (0,01 / 0,35)
Análisis químico elemental	Hierro	32,60 mg/kg (1,53 / 0,05)
	Cobre	8,33 mg/kg (10,12 / 1,21)
	Zinc	9,33 mg/kg (6,66 / 0,71)
	Manganeso	500,33 mg/kg (238,55 / 0,48)
	Boro	5,66 (2,08 / 0,37)
Solubilidades	NaOH (al 1%)	20,99 % (3,97 / 18,93)
	H2O caliente	10,02 % (1,68 / 16,76)
	H2O fría	11,49 % (1,21 / 10,50)
	Diclorometano	2,91 % (1,29 / 44,30)
	Tolueno-alcohol	2,84 % (1,57 / 55,07)
pH	5,53 (0,18 / 3,22)	

Nota:

Los números entre paréntesis representan la desviación estándar y el coeficiente de variación

## 8. Desempeño y calidad de aserrío de la madera

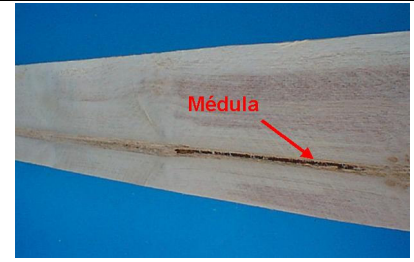
Aserrío	Descripción												
Desempeño en aserrío	Las trozas son de fácil aserrío y de poco desafilado de las herramientas de cortes. Como es de esperar en trozas provenientes de plantaciones de rápido crecimiento se presentan algunos problemas de torceduras de la madera, entre las que destacan los pandeos, arqueaduras y rajaduras producto de la presencia de la médula.												
Calidad de la madera	En el proceso de aserrío de trozas provenientes de plantaciones forestales se producen problemas relacionados a las torceduras y rajaduras de las tablas, debido a la presencia de tensiones de crecimiento y la presencia de medula. En tablas luego del proceso de aserrío se encontró que las grietas estuvieron presente en el 11% de las tablas (longitud media de 4,9 cm), las rajaduras están presente en 19% de las piezas (longitud media de 9,2 cm), el acanalado no fue encontrado en madera de 7,5 a 10 cm de ancho, el 81% de las tablas presentan arqueaduras (con 9,3 mm de flecha), el 71% de las tablas con problemas de encorbadura (en promedio 8,7 mm de flecha) y el aladeo no se presentó luego del aserrío. Como otras especies de plantación, la calidad de la madera aserrada se ve disminuida por la presencia de la medula y los nudos si no se manejo la plantación adecuadamente afecta grandemente la calidad de la madera.												
Rendimiento de la madera	<p>El rendimiento de las trozas de plantación forestal en algunos casos, en especial de trozas provenientes de árboles con poco manejo o trozas con diámetros menores a 18 cm el rendimiento puede ser hasta de 20% . El porcentaje de rendimiento se va aumentado al incrementar el diámetro de las trozas y puede llegar a alcanzar hasta 60% en trozas con diámetros superior a 35 cm.</p> <table border="1" data-bbox="711 884 1166 1075"> <thead> <tr> <th><i>Diámetro (cm)</i></th> <th><i>Rendimiento (%)</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15-20</td> <td>15-30</td> </tr> <tr> <td>20-25</td> <td>30-40</td> </tr> <tr> <td>25-30</td> <td>35-50</td> </tr> <tr> <td>30-35</td> <td>45-60</td> </tr> <tr> <td>Mayor a 35 cm</td> <td>50-65</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Diámetro (cm)</i>	<i>Rendimiento (%)</i>	15-20	15-30	20-25	30-40	25-30	35-50	30-35	45-60	Mayor a 35 cm	50-65
<i>Diámetro (cm)</i>	<i>Rendimiento (%)</i>												
15-20	15-30												
20-25	30-40												
25-30	35-50												
30-35	45-60												
Mayor a 35 cm	50-65												



Proceso de aserrío con cinta de 900 mm de diámetro de volante



Aserrío con aserraderos portátiles en trozas entre 30-40 cm de diámetro



Presencia de la medula en la madera aserrada

## 9. Secado al aire de la madera

Parámetro	Descripción																												
Clasificación	El cebo proveniente de plantaciones jóvenes es considerado de rápido secado, ya que en espesores menor a 7,5 cm se tienen tiempos de secado inferior a 100 días según la norma COPAN (1972) que establece que especies de madera con periodos de secado menor a 100 días son de rápido secado. Sin embargo al comparar con las otras especies de plantación, es junto con la melina y acacia, las de más lento secado.																												
Tiempo de secado	<p>La madera de cebo presenta una razón de secado que oscila entre 1,7 a 9,9%/día y tiempos para alcanzar el 20% de contenido de humedad entre 14 y 100 días para los diferentes espesores. La siguiente tabla muestra los diferentes parámetros de secado al aire para cebo de diferentes espesores.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Espesor (cm)</th> <th>Chi (%)</th> <th>Número de días*</th> <th>Razón de secado (%/día)**</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,2</td> <td>139</td> <td>14</td> <td>9.9</td> </tr> <tr> <td>2,5</td> <td>112</td> <td>31</td> <td>3.6</td> </tr> <tr> <td>3,8</td> <td>122</td> <td>63</td> <td>1.9</td> </tr> <tr> <td>5,0</td> <td>127</td> <td>70</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>6,2</td> <td>154</td> <td>90</td> <td>1.7</td> </tr> <tr> <td>7,5</td> <td>168</td> <td>100</td> <td>1.7</td> </tr> </tbody> </table> <p>**Contenido de humedad inicial (Chi) / *Número de días para alcanzar 20% de CH</p>	Espesor (cm)	Chi (%)	Número de días*	Razón de secado (%/día)**	1,2	139	14	9.9	2,5	112	31	3.6	3,8	122	63	1.9	5,0	127	70	1.8	6,2	154	90	1.7	7,5	168	100	1.7
Espesor (cm)	Chi (%)	Número de días*	Razón de secado (%/día)**																										
1,2	139	14	9.9																										
2,5	112	31	3.6																										
3,8	122	63	1.9																										
5,0	127	70	1.8																										
6,2	154	90	1.7																										
7,5	168	100	1.7																										
Calidad del secado	<p><b>Grieta y rajaduras</b> En general se presentan grietas y rajaduras en los extremos de las tablas asociadas a la medula: Los defectos de <i>arqueadura</i>, <i>acanalado</i>, <i>encorvadura</i> o <i>aladeo</i>: son frecuente y con valores superior a 1 cm en la madera aserrada, siendo principalmente encontrados en árboles jóvenes o en madera de la parte interna de los árbol.</p> <p><b>Colapso</b>: es frecuente este defecto en árboles jóvenes o en madera de la parte interna del árbol.</p> <p><b>Manchas</b>: es frecuente cuando no se inicia rápidamente un proceso de secado, sufre ataque de hongos de mancha. También ocurre cuando hay incidencia de lluvia durante el secado.</p>																												

Pila de secado al aire de cebo en combinación con madera de caoba.



Rajaduras longitudinales y por cabeza en madera seca de cebo



Hongos de manchas en madera seca al aire que no se cubrió apropiadamente durante el secado

## 10. Secado al horno de la madera

Clasificación	Descripción	Programa de secado recomendado																																																
Clasificación	Es considerado de moderado a lento secado y con problemas en rajaduras, grietas, torceduras, pandeos y en especial de colapso en madera de la parte central del árbol.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etapa</th> <th>T (°C)</th> <th>CHE</th> <th>HR (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Calefacción</td> <td>35</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>37</td> <td>14,8</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>38</td> <td>14,3</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td rowspan="7">Secado</td> <td>38</td> <td>11,9</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>38</td> <td>11,9</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>44</td> <td>7,6</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>49</td> <td>5,5</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>55</td> <td>4,0</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>66</td> <td>3,2</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>66</td> <td>3,2</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Igualización</td> <td>66</td> <td>3,2</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>Acondicionamiento</td> <td>60</td> <td>3,5</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Enfriamiento</td> <td>30</td> <td>3,5</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p>T: Temperatura (°C)            CHE: Contenido de Humedad en Equilibrio (%)            HR: Humedad Relativa (%)            Fuente: programa T2-D4 de Sydney et al. 1988</p>	Etapa	T (°C)	CHE	HR (%)	Calefacción	35	-	-	37	14,8	-	38	14,3	50	Secado	38	11,9	45	38	11,9	35	44	7,6	30	49	5,5	25	55	4,0	20	66	3,2	15	66	3,2	12	Igualización	66	3,2	11	Acondicionamiento	60	3,5	-	Enfriamiento	30	3,5	-
Etapa	T (°C)		CHE	HR (%)																																														
Calefacción	35		-	-																																														
	37		14,8	-																																														
	38		14,3	50																																														
Secado	38		11,9	45																																														
	38		11,9	35																																														
	44		7,6	30																																														
	49		5,5	25																																														
	55		4,0	20																																														
	66	3,2	15																																															
	66	3,2	12																																															
Igualización	66	3,2	11																																															
Acondicionamiento	60	3,5	-																																															
Enfriamiento	30	3,5	-																																															
Tiempo de secado	Madera de 2,54 cm de espesor con un contenido de humedad inicial de 177% presenta un tiempo de secado de 227 horas para llegar al 8% , lo que significa una velocidad de secado de 0,74%/hora, incrementando y disminuyendo este tiempo con el aumento o decrecimiento del espesor de la madera, respectivamente.																																																	
Calidad del secado	Las rajaduras o grietas ocurren alrededor del 18% de las piezas luego del secado, sin embargo esta no alcanzan longitudes superior a 1,5 cm. En cuanto a la arqueadura por el secado se aumentan en la madera seca. El defecto de aladeo aparece en casi el 70% de las piezas que se secaron y esta puede tener una magnitud de 9 mm. La encorvadura y acanalado se presentan casi el 100% de las piezas y con una magnitud que puede hacer que la madera no sea considerada para su venta.																																																	



Madera de cebo apilado en secadora convencional



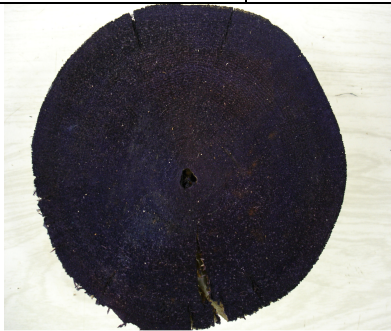
Acanalado en madera secada al horno en cebo.



Presencia rajaduras y grietas asociadas a nudos en madera seca

## 11. Preservación de la madera

Preservación	Descripción														
Tratamiento de difusión	<p>La madera preservada por el método de inmersión-difusión con sales de boro es factible de aplicar y logra que la penetración en la sección transversal de la madera es bastante rápida y eficiente. La siguiente tabla la cantidad de días que debe estar almacenada la madera para lograr una penetración del 100% para diferentes espesores.</p> <table border="1" data-bbox="792 449 1182 659"> <thead> <tr> <th>Espesor (cm)</th> <th>Tiempo difusión (días)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1,2</td><td>3</td></tr> <tr><td>2,5</td><td>4</td></tr> <tr><td>3,8</td><td>5</td></tr> <tr><td>5,0</td><td>6</td></tr> <tr><td>6,2</td><td>7</td></tr> <tr><td>7,5</td><td>8</td></tr> </tbody> </table> <p>Además debido a que esta especie es rápidamente atacada por hongos de manchas es recomendable agregar a la solución del preservante de boro agregar un antimancha para evitar la formación de manchas durante el almacenamiento con plástico de la madera.</p>	Espesor (cm)	Tiempo difusión (días)	1,2	3	2,5	4	3,8	5	5,0	6	6,2	7	7,5	8
Espesor (cm)	Tiempo difusión (días)														
1,2	3														
2,5	4														
3,8	5														
5,0	6														
6,2	7														
7,5	8														
Tratamiento a presión	<p>Con el tratamiento a presión, se logra una penetración total en la albura y en duramen ocurre pero de forma irregular. La absorción del preservante en la madera es de 483,1 litros/m<sup>3</sup> y la retención es de 9,7 kg/m<sup>3</sup>. La madera preservada con el método vacío-presión (preservante Wolmanit CX-10®), que se clasifica como riesgo Clase 4, se recomienda para uso en exterior con contacto permanente con el suelo, con agua o riesgo de termitas.</p>														



Poste preservado a presión. El color azul es indicador de la penetración del preservante,



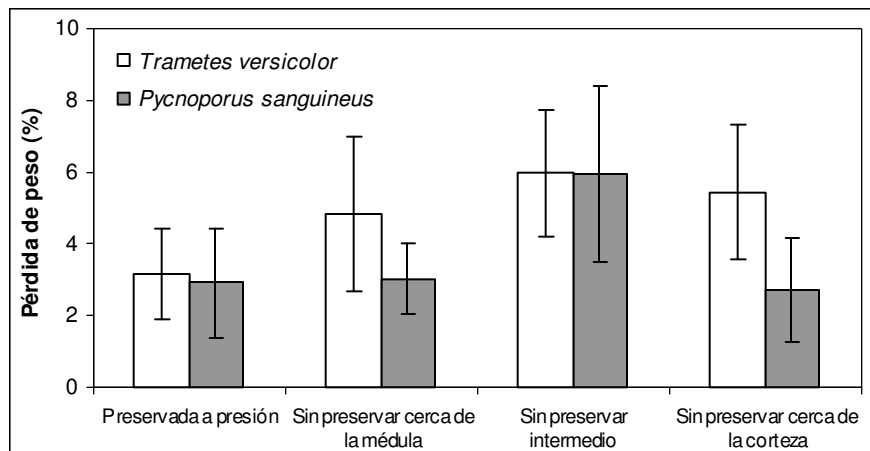
Aspecto de la madera preservada de cebo, con tratamiento de sales de cobre.



Penetración de las sales de boro con 5 días de almacenamiento (el color rojo indica la penetración del preservante)

## 12. Durabilidad de la madera

Tipo de ataque	Descripción
Hongos	Según ensayos de durabilidad natural, realizados bajo la norma ASTM D 2017-84 (1994) y utilizando los hongos <i>Trametes versicolor</i> y <i>Pycnoporus sanguineus</i> (estándares internacionales para este tipo de ensayo), la madera de cebo preservada a presión con sales de CCA, se clasifica como altamente resistente al ataque de ambos hongos. La madera sin preservar cercana a la médula, en la posición intermedia y cerca de la corteza se clasificó también como altamente resistente, sin embargo el hongo <i>T. versicolor</i> presentó mayores pérdidas de peso que el <i>P. sanguineus</i> .
Insectos	El cebo es moderadamente resistente al ataque de termitas de madera seca y húmeda cuando se trata de madera de albura, pero la madera duramen es resistente a este ataque de insecto. La madera de árboles adultos es más resistente al ataque de termitas, sin embargo es considerada de moderada resistencia. Para aumentar la resistencia al ataque de estos insectos es necesario preservar la madera con sales de CCA.



La figura muestra la pérdida de peso en porcentaje de *Vochysia guatemalensis* por ataque del hongo *T. versicolor*, que presentó valores para la madera preservada de 3%, mientras que para la madera sin tratar cerca de la médula, en la zona intermedia y cerca a la corteza las pérdidas de peso fueron de 5%, 6% y 5% respectivamente. Para el caso del hongo *P. sanguineus* la madera tratada con CCA tuvo una pérdida de peso del 3%, y de 3%, 6% y 3% para las posiciones cercana a la médula, intermedia y cerca de la corteza, siendo para esta especie la posición intermedia la que presentó mayores pérdidas de peso con los dos tipos de hongos.

### 13. Trabajabilidad de la madera

Operación	Descripción
Cepillado	<p><b>Clasificación:</b> de buena calidad al utilizar ángulo de ataque en cuchillas de 30° y velocidad de alimentación de 20 m/min, logrando una superficie libre de daño entre el 60% y el 80%. Si se utiliza cuchillas en 15° con velocidades altas y bajas, la superficie libre de daños disminuye a menos de un 50% .</p> <p><b>Presencia de defectos:</b> se presenta madera con vello moderado combinado con un arrancado leve que llegan a cubrir a veces casi el 40% de la superficie de la pieza, También se presenta en menor cantidad grano veloso leve y grano arrancado moderado.</p> <p><b>Recomendación:</b> Si se requieren superficies libres de daño lo más recomendable es utilizar la cuchilla con ángulo de ataque de 30° y velocidades de avance altas cercanas a los 20 m/min.</p>
Lijado	<p><b>Clasificación:</b> es muy fácil de lijar, hay un embotamiento y desgaste normal de la lija. La superficie que se lija se calienta y alcanza temperaturas de medias a altas, la superficie que se lija alcanza más de los 37 °C.</p> <p><b>Presencia de defectos:</b> no se presentan.</p> <p><b>Recomendación:</b> preferiblemente empezar a lijar con #60 para eliminar los defectos del cepillado y finalmente la lija #100 para lograr superficies más fina.</p>
Taladrado	<p><b>Clasificación:</b> con broca para metal se hacer los orificios rápidamente, pero la calidad de la superficie taladrada es regular. Con la broca para madera se logran orificios de buena calidad, pero la penetración de la broca es más lenta.</p> <p><b>Defectos:</b> con broca para metal la superficie de orificio pierde lisura y se presenta grano arrancado hasta en un 75% de la superficie.</p> <p><b>Recomendación:</b> para obtener orificios de calidad es preferible utilizar la broca de madera en vez de la broca de metal y para tener orificios de buena calidad es recomendable utilizar revoluciones sobre 1000 rpm.</p>



Superficie con grano arrancado moderado y con vellosidades



Superficie con excelente calidad de lijado



Orificios taladrados con broca para madera de buena calidad

### 13. Trabajabilidad de la madera (continuación)

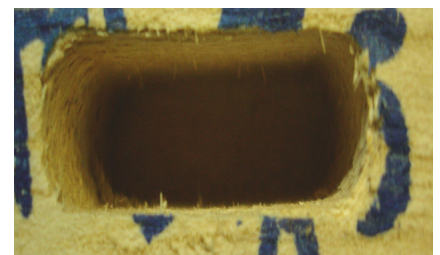
Operación	Descripción
Torneado	<p><b>Clasificación:</b> Resulta de regular a buena calidad cuando se introduce la gubia de forma horizontal, pero al inclinar la gubia el corte pierde calidad hasta en un 50% .</p> <p><b>Presencia de defectos:</b> se visualiza grano arrancado leve cuando la gubia se introduce inclinada y la superficie torneada se quema producto del calentamiento de la misma. Cuando la gubia ingresa de forma horizontal se presenta grano arrancado hasta en el 50% de la superficie</p> <p><b>Recomendación:</b> de regular a buena calidad para el torneado, debe prestarse atención al filo de las gubias. La superficie torneada involucra más tiempo en el proceso de lijado para tener un acabado de mejor calidad.</p>
Moldurado	<p><b>Clasificación:</b> La calidad del moldurado que se obtiene en esta especie es de muy buena a excelente calidad.</p> <p><b>Presencia de defectos:</b> Presenta vellosidad leve y escasa.</p> <p><b>Recomendación:</b> Esta especie es apta para este tipo de trabajo.</p>
Escopleado	<p><b>Clasificación:</b> La calidad del escopleado es muy buena.</p> <p><b>Presencia de defectos:</b> vellosidad leve</p> <p><b>Recomendación:</b> Apta para este tipo de trabajo.</p>



Superficies obtenidas torneadas con gubia ingresando en forma inclinada y horizontal



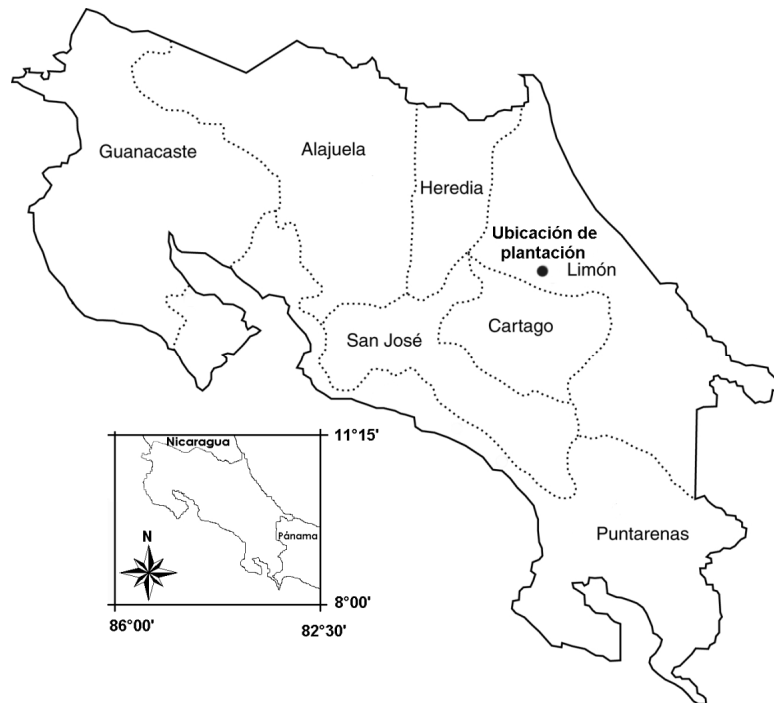
Superficie moldurada de buena calidad en pochote



Orificio escopleado con presencia de vellos en la superficie

#### 14. Procedencia del material

Fue utilizado para generar la anterior información una plantación de 8 años de edad, propiedad de la Escuela de Agricultura y Ganadería del Trópico Seco (EARTH) ubicada en la localidad de Guácimo cantón de Guápiles en la provincia de Limón (N10°12' 51.74" - W83°40' 41.62"). Fueron seleccionados 9 árboles de la plantación y fueron cortados justamente en el momento de realizar el segundo raleo. La plantación fue plantada a una densidad inicial de 1100 árboles hectárea (espaciamento de 3 x 3 m), y a la edad de 4 años fue aplicado un raleo del 50% de los árboles existentes. Las condiciones del muestreo fueron de: densidad de plantación de 515 árboles hectárea<sup>-1</sup>, altura comercial de 21.8 metros, diámetro altura del pecho de 18,3 cm.



Ubicación geográfica de la plantación de *cebo* de 8 años de edad en la localidad de Guácimo, Limón, Costa Rica.

## INTRODUCCION

La reforestación en Costa Rica empezó en el año de 1979, como resultado de la implementación de un sistema de incentivos por parte del estado. El objetivo principal de reforestación fue atenuar el proceso de pérdida de la cobertura boscosa sufrida en la década de los 60s y 70s. En este proceso de reforestación con incentivos se presentaron una gran variedad de especies, algunas introducidas de otras áreas del mundo como ciprés (*Cupressus lisutanica*), melina (*Gmelia arbórea*), teca (*Tectona grandis*) y acacia (*Acacia mangnium*) y entre otras especies nativas como laurel (*Cordia alliodora*), amarillón (*Terminalia amazonia*), surà (*Terminalia oblonga*) cebo/mayo (*Vochysia guatemalensis*), pochote (*Bombacosis quinatum*), jaul (*Alnus acuminata*), entre otra especies.

El mercado actual, de los productos forestales provenientes de las plantaciones forestales se ha dedicado principalmente a la fabricación de tarimas y en otros casos se han realizado pruebas de mercado para otra serie de productos, que no han dado los resultados esperados, debido a la baja calidad de la madera, a la falta de disponibilidad de materia prima y a la carencia de conocimientos de las propiedades anatómicas, físicas, mecánicas y químicas de estas maderas y sobre todo en el comportamiento en procesos industriales, tales como el aserrío, secado, preservación o proceso de manufactura como el cepillado, lijado entre otros. En algunos casos se ha señalado que para tener una utilización adecuada de la madera de plantación es necesario de contar con información tecnológica orientada a la caracterización de las especies para la elaboración de productos de alta demanda en el mercado y que justamente permitirán dar un uso adecuado de la madera de plantación.

La investigación básica de estas especies de plantaciones forestales, tales como sus propiedades anatómicas, físicas, mecánicas, y químicas o su comportamiento en procesos industriales no están establecidas para el material proveniente de las plantaciones forestales, cuya principal característica es que se utilizan árboles con turnos de rotación que no sobrepasan los 25 años de edad. Así también, existe un gran interés en el sector forestal productivo privado de Costa Rica de conocer las propiedades de las especies de plantación, dadas las necesidades urgentes de certificar los posibles usos y aplicaciones de este tipo de madera, en sectores como el de transformación primaria y secundaria.

En el presente documento presenta la información de 10 de las especies forestales, a saber acacia (*Acacia mangnium*), jaul (*Alnus acuminata*), pochote (*Bombacosis quinatum*), *Cupressus lisutanica*, laurel (*Cordia alliodora*), melina (*Gmelia arbórea*), teca (*Tectona grandis*), amarillón (*Terminalia amazonia*), surà (*Terminalia oblonga*) y cebo/mayo (*Vochysia guatemalensis*) y que representan las principales especies de reforestación utilizadas en Costa Rica. En este documento se presenta información de cada una de las especies en los siguiente apartados: aprovechamiento de plantaciones, transporte y durabilidad de trozas, descripción general y macroscópica,

descripción microscópica, propiedades físicas, propiedades mecánicas, propiedades químicas, desempeño y calidad de aserrío, secado al aire, secado al horno, preservación, durabilidad y trabajabilidad.

## IINDICE

<i>Acacia magnium</i> (acacia).....	
<i>Alnus acuminata</i> (jaul) .....	
<i>Bombapcosis quinatum</i> (pochote) .....	
<i>Cupressus lusitanica</i> (ciprés) .....	
<i>Gmelina arborea</i> (melina) .....	
<i>Swietenia macrophylla</i> (caoba) .....	
<i>Tectona grandis</i> (teca) .....	
<i>Terminalia amazonia</i> (amarrillón) .....	
<i>Terminalia oblonga</i> (surá) .....	
<i>Vochysia guatemalensis</i> (cebo) .....	

## METODOLOGIA SEGUIDA

### 1. Especies seleccionadas

En el proceso de reforestación iniciado en Costa Rica en el año de 1979, como resultado de la implementación de un sistema de incentivos por parte del estado y la finalidad de atenuar el proceso de pérdida de la cobertura boscosa sufrida en la década de los 60s y 70s, se ha reforestado con una gran variedad de especies nativas y algunas introducidas. Según datos presentados por Sage y Quirós (2001) fueron reforestados alrededor de 150 mil hectáreas y en la actualidad se cuenta con alrededor de 40 mil hectáreas en producción (Barrantes y Castro, 2007).

De estas especies, durante todos estos años algunas especies han presentado buen crecimiento y desarrollo en plantaciones. En el presente estudio fueron seleccionadas diez especies tropicales de rápido crecimiento en plantaciones forestales y de interés comercial en Costa Rica. Las especies analizadas son *Acacia magnium* (acacia), *Alnus acuminata* (jaul), *Bombapcosis quinatum* (pochote), *Cupressus lusitanica* (ciprés), *Gmelina arborea* (melina), *Swietenia macrophylla* (caoba), *Tectona grandis* (teca), *Terminalia amazonia* (amarrillón), *Terminalia oblonga* (sura) y *Vochysia guatemalensis* (cebo). Todas ellas con gran interés en alguna región del país. De dichas especies se contemplan 3 especies exóticas (teca, melina y acacia) y 7 nativas.

### 2. Muestro

#### 2.1. Árboles dentro de la plantación

Las plantaciones muestreadas para el presente trabajo presentaban rangos de edad entre 9 y 13 años, densidades entre 338 a 575 árboles/ha y diferentes tipos o intensidades de manejo, los cuales son detallados en cada una de las fichas técnicas. En todas las plantaciones, el espaciamiento inicial fue de 3 x 3 m, lo cual significó una densidad inicial de 1 111 árboles/ha.

Para la selección de los árboles a muestrear, primeramente se establecieron dos parcelas temporales distribuidas dentro de la plantación. Dichas parcelas eran representativas de toda la plantación. En ella fueron tomados los datos de diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total de los árboles y altura de inicio de la copa. Posteriormente con los datos de diámetro se confeccionó la distribución de frecuencia acumulada de los diámetros presentes en la plantación muestreada y se dividió en tres partes correspondientes a los terciles de la distribución, permitiendo asociar los diámetros con su posición social. Tres tipos o categorías de dominancia respecto al diámetro fueron establecidas: dominantes, intermedios y suprimidos. En cada clase diamétrica se seleccionaron tres árboles al azar, dando como resultado nueve árboles por cada plantación. Se tubo el cuidado de que los árboles fueran rectos, sin bifurcaciones y sin daños visibles.

#### 2.2 Muestreo dentro del árbol

En cada uno de los árboles seleccionados primeramente fue determinado el diámetro a la altura del pecho y altura comercial. Seguidamente fueron cortados dos discos de 4 cm de espesor a la altura del pecho o DAP (1,30 m de la base) y posteriormente fueron cortadas dos trozas. En el tramo de la base del árbol hasta la altura del DAP fue obtenida la primera troza, posterior al DAP y hasta una altura de 2,5 cm fue obtenida la segunda troza. Estas dos trozas fueron utilizadas en la determinación de las propiedades mecánicas de la madera. El resto del árbol hasta alcanzar un diámetro de 13 cm fue cortado en trozas con un largo de 2,5 m para ser utilizadas en la evaluación de otras propiedades de la madera (secado, preservación, entre otras).

### 3. Aprovechamiento

Esta operación se aplicó en un área representativa de la extensión de cada plantación, en todas las plantaciones se aplicó un segundo raleo. En el corte de los árboles se utilizó una motosierra Husqvarna 55 y fueron evaluados diferentes aspectos que pueden dividirse en dos grupos: cualitativos y cuantitativos.

*Facilidad de corte:* La medición se basó en la consulta a operarios sobre la facilidad de corte que tenía cada una de las especies al momento del aprovechamiento. Para ello se aplicaron tres tipos de cortes: a) de dirección abierta, conocido como tradicional, b) de dirección abierto con ángulo de abertura grande y c) de dirección revés o "Humboldt" (figura 1).



Figura 1. Tipos de corte utilizados en la operación de corta de árboles en plantaciones forestales.

*Caída natural:* la caída natural se evaluó de manera visual y por medio de preguntas a operarios, con base en la facilidad de caída natural de los árboles.

*Dirección de caída:* la medición se realizó con base en la observación y en la experiencia que poseían los operarios para cada una de las especies. Se analizó la dirección de caída natural de los árboles y las facilidades a la hora de cambiar la caída natural, considerando las características del fuste y de la copa.

*Desafilado de sierras:* durante el desarrollo de las diferentes actividades de aprovechamiento, se midió el grado de desafilado que producía en las sierras cada una de las especies. La medición se basó en la evaluación del desgaste constantemente de una manera manual del filo de los dientes que componen la sierra.

*Susceptibilidad a quebraduras:* la susceptibilidad de cada especie a las quebraduras del fuste se midió por medio de la observación de las quebraduras en el momento de caer el árbol.

*Fisonomía del fuste:* la fisonomía del fuste de cada una de las especies se midió por la observación de los árboles. Se consideró la rectitud, torceduras, presencia de nudos por metro, achatamiento, conicidad, porcentaje de curvatura y las variaciones de diámetro a lo largo del fuste.

*Trozas por árbol:* la cantidad de trozas por árbol se calculó al promediar la cantidad de trozas obtenido de un árbol durante las operaciones de corta y de raleo de la plantación.

*Frecuencia de ramas:* la medición se realizó por medio del conteo del número de ramas a todo lo largo del fuste desde la base hasta la altura comercial, posteriormente se calculó la frecuencia de ramas, que representa la cantidad de ramas entre la longitud del fuste hasta la altura comercial.

*Operación de desrame:* La medición se realizó por medio de la observación en la operación de desrame. Se evaluó la facilidad y la rapidez en la operación, con base en las características propias de la frecuencia y grueso de ramas de cada especie.

#### 4. Transporte y durabilidad de trozas

Las mediciones de transporte y durabilidad de trozas se realizaron evaluando las operaciones de troceo, acarreo y apilado, así como evaluaciones del tiempo en el que las trozas podían permanecer en el campo sin verse atacadas por hongos e insectos.

*Troceo:* la medición de esta variable se realizó por medio de la observación de la operación. Se basó en la determinación de las facilidades en esta actividad, considerando el corte y las características propias del fuste que pueden afectar el troceo en cada una de las especies.

*Acarreo:* la medición del acarreo se evaluó considerando el acarreo por parte de una persona en cargar una troza de 20 cm de diámetro y 2,5 m de longitud desde el sitio de corta al patio de acopio. Para ello fue necesario calcular la densidad en condición verde y el volumen de la troza con las dimensiones antes mencionadas. Igualmente se evaluó la necesidad de cargar trozas con animales o equipo especializados.

*Apilado:* el apilado se midió por medio de la observación de la operación. Se determinaron las facilidades de realizar esta actividad con el uso de fuerza humana o con equipos especializados. Así como el aspecto de conformación de la pila.

*Durabilidad de trozas:* para la medición de la durabilidad, se dejaron dentro de la plantación diez trozas de cada especie. A los seis meses de permanecer en el sitio se hizo la primera observación y al año la segunda, determinando en ella la presencia y grado de degradación de la madera por hongos e insectos y la presencia de rajaduras o defectos de las trozas.

#### 5. Descripción general de la madera

*Preparación del bloque para descripción macroscópica:* en cada una de las muestras de madera se tomó una pequeña muestra orientada y definida en sus planos transversal, tangencial y radial. Dicha muestra fue tomada entre en el límite de la madera de albura y el duramen, cuando estaba presente en la especie. Posteriormente con la ayuda de un micrótopo marca American Optical Corporation, modelo 860 se prepararon en el plano transversal, radial y tangencial con el cuidado de no producir sin daños que dificultaran la observación de los elementos anatómicos.

*Descripción macroscópica de la madera:* en la descripción de la estructura macroscópica se consideró como referencia los términos establecidos por Espinosa y León (2001). Además, se consultaron los términos usados por la Asociación Internacional de Anatomista de la Madera Latifoliadas (IAWA, 1989), los criterios de la Comisión Pan-Americana de Normas Técnicas-COPANT (1974) y las Normas y Procedimientos en Estudios da Anatomía da Madera (IBAMA, 1992). Para estas normas, a excepción de IAWA (1989), la observación de la madera se realizó con la ayuda de una lupa de 10X de los 3 elementos celulares de la madera (vasos, parénquima y radios), la formación de anillos de crecimiento y el color de la madera. En el caso específico del color, se utilizó la terminología de colores utilizado por la tabla Munsell de colores para suelos (Mac Corporation, 1994). La observación de cada uno de los elementos anatómicos se consideró: (i) características generales (color de la madera, marcación entre albura y duramen, textura, brillo, olor, sabor, grano y densidad), (ii) en los poros su tamaño con aumento de 10X, el tipo de porosidad, el agrupamiento, la disposición y los contenidos en el lumen, (iii) en el parénquima axial se observó si se distingue este a simple vista y su el tipo de parénquima acorde con Espinosa y León (2001), y en el

parénquima radial fue observado la visibilidad en la sección transversal, el tamaño, la frecuencia y la presencia o no de una estratificación. Otros elementos anatómicos también fueron observados, tales como floema, conductos gomíferos o canales traumáticos, por último se observó la marcación de anillos.

## 6. Descripción microscópica de la madera

La descripción de la estructura anatómica a nivel de microscopio se realizó de acuerdo con las normas de la Asociación Internacional de Anatomista de la Madera Latifoliadas (IAWA, 1989). En la preparación de las láminas fueron cortados cortes histológicos de 12-17  $\mu\text{m}$  de espesor en los planos transversal, tangencial y radial. Estos fueron pegados en láminas con bálsamo de Canadá (Johansen, 1940) y observadas en microscopio de luz para la descripción. Los elementos que fue necesario medir en las fibras (largo, diámetro fibra y el lumen y espesor de pared), los vasos (largo, frecuencia, poros solitarios) y parenquima radial (alto, ancho, frecuencia y cantidad de células en alto y ancho) fueron determinados por la obtención de imágenes digitales de los elementos anatómicos de interés. Las mediciones fueron realizadas utilizando el software Imagen Tool<sup>®</sup> desarrollado por el Health Science Center de la Universidad de Texas (UTHSCSA, 2005).

## 7. Propiedades físicas

Sobre el disco cortado a la altura de DAP (1,30 m de altura) se determinó las propiedades físicas de cada especie. Una sección diamétral del disco fue cortada con un ancho de 3 cm y posteriormente separada en la médula, por lo que se obtuvieron dos muestras, una de la parte norte y otra de la parte sur (Figura 2). En los sobrantes del disco fueron cortadas dos muestras para la determinación de la contracción de tangencial y radial.

El peso y el volumen de estas muestras fueron determinados en condición verde, utilizando el estándar D-2395-02 de los Estándares Americanos de Pruebas de Materiales (ASTM, 2003a.). Posteriormente, la muestra fue condicionada a 65% de humedad relativa y 22 °C de temperatura (condición seca al aire). El peso y el volumen fueron determinados nuevamente. Finalmente las muestras fueron secadas en un horno (105 °C por 24 horas) y determinado su peso y volumen seco al horno nuevamente. En las muestras correspondientes a la contracción tangencial y radial, fue medido el largo de la muestra en condición verde, luego de acondicionado al 12% de contenido de humedad y las muestras secas al horno, proceso llevado a cabo de la misma forma que la determinación del peso y del volumen descrito anteriormente.

La densidad de la madera en condición "verde" fue calculada como peso y volumen en condición "verde". El contenido de humedad en condición verde fue calculado por la diferencia entre el peso de la madera "verde" y el peso seco al horno expresado porcentualmente del peso verde. El peso específico fue calculado para 3 condiciones: (i) básico, corresponde al peso seco al horno por volumen de madera "verde" (básica), (ii) al 12% de contenido de humedad, donde el peso seco al horno por volumen en condición seca al aire y (iii) seco al horno, utilizando el peso seco al horno y el volumen en esa misma condición de humedad. Las densidades de la madera también fueron determinadas en esas condiciones: (i) densidad verde calculada con el peso y volumen en condición verde, (ii) densidad al 12% de contenido de humedad (seco al aire) determinada con el peso y el volumen seco al aire y (iii) densidad seca al horno, determinada con el peso y el volumen medido en madera seca al horno.

Las contracciones de la madera fue determinada para la contracción volumétrica, tangencial y radial, para dos tipos de condiciones: (i) contracción normal que corresponde a la contracción de verde hasta el 12% de contenido de humedad (o seca al aire) y la contracción total que corresponde a la contracción de verde hasta la madera seca al horno. En la contracción normal fue determinado por la diferencia de dimensión (en caso de la contracción tangencial y radial) o volumen verde y la dimensión o volumen seco al aire o al 12% de contenido de humedad y

expresado porcentualmente de la dimensión verde. La contracción total determinada por la diferencia entre el volumen o dimensión "verde" y el volumen o dimensión seco al horno entre el volumen en la condición verde expresado porcentualmente.

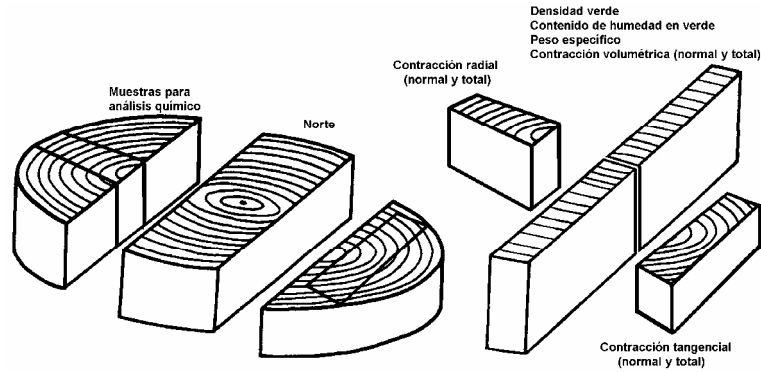


Figura 2. Forma de obtener las muestras en la determinación de las propiedades físicas

### 8. Propiedades mecánicas

De las dos trozas obtenidas de la base del árbol (una obtenida de la a 1,3 m de altura y la segunda de 1,3 m a 2,5 m de altura), fueron cortadas las muestras para determinar los esfuerzos de resistencia mecánica de la madera. El patrón de corte aplicado a la troza se adaptó el procedimiento del estándar D-5536-99 (ASTM 1999a), en el cual fueron cortados bloques en la parte central del árbol de tipo cruciforme de dimensiones de 6 cm x 6 cm la sección transversal para luego obtener las piezas de 5 x 5 cm o bien las piezas de 2,5 x 2,5 cm (Figura 3).

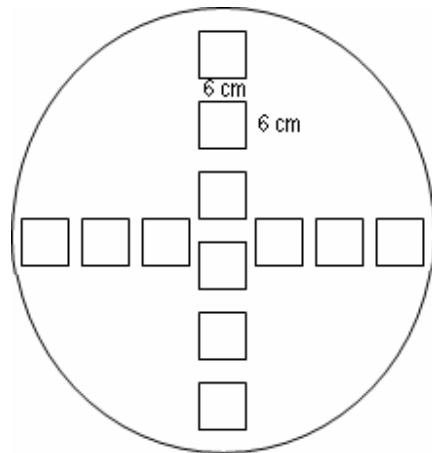


Figura 3. Esquema de corte utilizado en la obtención de las muestras para las propiedades mecánicas de la madera. Fuente: ASTM D-5536-99 (ASTM, 2003).

Las propiedades mecánicas determinadas fueron: módulo de ruptura y módulo de elasticidad en flexión, esfuerzo máximo compresión paralela a la fibra, esfuerzo máximo compresión perpendicular a la fibra, esfuerzo máximo tensión paralela a la fibra, esfuerzo máximo cortante paralela a la fibra tangencial y radial, esfuerzo máximo tensión

perpendicular a la fibra tangencial y radial, esfuerzo máximo en clavaje tangencial y radial, dureza janka axial y lateral y esfuerzo en extracción de clavos axial y lateral. Se preparó un total de 18 muestras por especie y condición de humedad para cada tipo de esfuerzo mecánico, siguiendo las normas o estándares ASTM D -143-94 (ASTM 2003b).

Los ensayos se realizaron en dos condiciones de humedad, seca al 12% de contenido de humedad denominado seca al aire y en condición verde. Se utilizó una máquina universal marca Tinus Olsen con una capacidad de hasta 60 toneladas.

## 9. Propiedades químicas

La determinación de las propiedades químicas se realizó utilizando el aserrín resultante del proceso de aserrío de los discos obtenidos al DAP para la medición de las propiedades físicas y los extremos de los discos que no eran utilizados en la determinación de las propiedades físicas (Figura 2). En el muestro primeramente se agrupo los 9 árboles en 3 grupos: en un grupo los árboles 1, 2 y 3 , en otro los árboles 4, 5, y 6 formaran y los árboles de 7, 8 y 9 en el ultimo grupo. Estos grupos se árboles se mezclaron y en para los análisis químicos se tomaron tres muestras por cada grupo de árboles. Las propiedades químicas determinadas para cada especie fueron: pH, poder calórico, la solubilidad en hidróxido de sodio (NaOH), agua destilada (fría y caliente), diclorometano (CH<sub>2</sub>-Cl<sub>2</sub>) y etanol-tolueno. Por otra parte, se determinó el contenido de ceniza y sílice. En la determinación de estas propiedades químicas se utilizó los siguientes estándares:

- Solubilidad en 1 % Hidróxido de Sodio (NaOH) estándar ASTM-D 1109-84 reprobado en 2001
- Solubilidad en agua (fría y caliente) estándar ASTM-D 1110-84 reprobado en 2001
- Solubilidad diclorometano (CH<sub>2</sub>-Cl<sub>2</sub>) estándar ASTM-D 1108-96 reprobado en 2001
- Solubilidad en etanol-tolueno estandar ASTM-D 1107-96 reprobado en 2001
- Contenido de cenizas estandar ASTM D 1102-84 reprobado en 2001
- Contenido de sílice (SiO<sub>2</sub>) espectrómetro de masas
- Poder calórico

## 10. Desempeño y calidad de aserrío

En material utilizado en esta parte fueron las trozas entre una altura de 2,5 metros y la altura comercial del árbol, seccionado en trozas con longitud de 2,5 m y además de las trozas que fue obtenido la madera aserrada para el secado convencional, que provenía de árboles de la plantación muestreada y que no correspondía a los 9 árboles iniciales.

En el procesamiento se evaluó el desempeño de la especie por observación durante el proceso de aserrío de las trozas en algunas casos utilizando el aserradero de cinta tradicional en Costa Rica que posee volantes entre 1,0 y 1,3 m de diámetro, en otros el sistema de aserrío empleado para el procesamiento de madera de plantaciones con una combinación de sierra circular doble (aserrío) y sierra circular múltiple (reaserrío) y en otras ocasiones se observó el desempeño en aserraderos portátiles de cinta horizontal. Posteriormente durante el proceso de aserrío fue evaluando su comportamiento, por la presencia de madera con algún grado de torcedura y el desafilado de las sierras fue preguntado a los operarios del aserradero si consideraba o no este como un problema. Así también a estos mismos operarios se les consulto su opinión personal de cómo fue el comportamiento de la especies. En la calidad de la presencia por defectos fueron evaluado los siguiente rajaduras, grietas, arqueadura, acanalado, alabeo y encorvadura. Para ello se utilizó la metodología sugerida por Hallock y Malcolm (1972) y Milota (1996).

En el estudio de rendimiento las trozas se dividieron en diferentes clases diamétricas, en intervalos de 5 cm, partiendo de 10 cm de diámetro de la troza en adelante. En la obtención del rendimiento real de la madera aserrada respecto al volumen de madera en troza, se determinó para cada troza el diámetro en centímetros, promediando los diámetros sin corteza medidos en forma de cruz en ambos extremos, se midió el largo en metros y con estos datos se calculó el volumen aplicando la siguientes fórmulas, para madera en troza (Formula 1) y madera aserrada (Formula 2):

$$V = 0,07584 \times Dp^2 \times L \quad (1) \quad V = L \times A \times E \quad (2)$$

Donde:

V: volumen real de troza (dm<sup>3</sup>)

Dp: diámetro promedio (cm)

L: largo de la troza (m)

V. volumen de madera aserrada (dm<sup>3</sup>)

L: largo de la pieza (dm)

A: ancho de la pieza (dm)

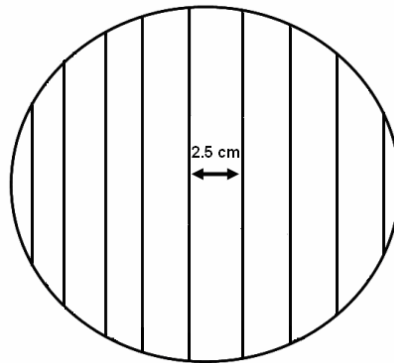
E: espesor de la pieza (dm)

## 11. Secado al aire

En material utilizado en el secado al aire se utilizó las trozas entre una altura de 2,5 metros y la altura comercial del árbol, seccionado en trozas con longitud de 2,5 m. De dichas trozas fue obtenido madera de 7,5 cm de ancho en espesores de 1,25 cm, 2,50 cm, 3,75 cm, 5,00 cm, 6,25 cm y 7,50 cm, para ello se aplicó el patrón de corte utilizado para árboles de diámetros pequeños en Costa Rica (Moya 2004). En promedio por especies se utilizaron 30 trozas y en promedio se utilizaron 5 tablas por troza para secar en los diferentes espesores de madera. En el secado al aire, los defectos de torceduras (pandeos), rajaduras o reventaduras fueron solamente observados antes y después del secado. En la variación del contenido de humedad con el tiempo, primeramente fueron tomados 6 muestras testigos, 3 de ellas fueron colocadas en cada lado de la pila y en 3 diferentes alturas (parte baja, parte media y la parte alta de la pila). Dicho procedimiento se encuentra detallado en Rietz and Page (1971). Las muestras fueron pesadas durante el primer mes cada dos días, posteriormente las muestra fueron pesadas 2 veces en a semana hasta alcanzar el contenido de humedad de equilibrio. El tiempo de secado fue determinado por el tiempo en días que tardaron el promedio de las muestras en alcanzar un 20% de contenido de humedad (contenido de humedad de equilibrio de la provincia de Cartago en Costa Rica. El tiempo de secado fue clasificado como lenta, moderada y rápida según lo establecido por el Comité Pan-Americano de Normas y Estándares para pruebas en especies tropicales (Comisión Panamericana de Normas y Estándares 1976). La razón de secado se calculó por la diferencia entre el contenido de humedad inicial y el contenido de humedad al 20%, y dicho valor fue dividido entre el número de días para alcanzar un 20% de contenido de humedad.

## 12. Secado al horno

En el secado al horno, a diferencia del resto del material, fue necesario cortar otra cantidad de árboles de la plantación muestreada por especie debido a la alta cantidad de madera necesaria para llenar la secadora experimental que posee una capacidad de 2 m<sup>3</sup>. En promedio de cada plantación fue necesario cortar 20 árboles de la plantación y fueron trozas en trozas de 2,5 m de largo hasta la altura comercial. En cada una de las trozas fue aplicado patrón de corte detallado en la figura 4, en donde fue cortado madera de 2,5 de espesor por lo ancho, las cuales fueron desorilladas o canteadas posteriormente. El proceso de secado fue conducido en un horno de 2 m<sup>3</sup> de capacidad marca Nardi ®.



**Figura 4.** Patrón de corte aplicado en la obtención de la madera aserrada para el secado convencional

Antes de apilar la madera, dos tablas por troza, una con corte tangencial y otra con corte radial, fueron seleccionadas para medir los defectos de la madera. Los defectos fueron rajaduras, grietas, arqueadura, acanalado, alabeo y encorvadura grietas. La medición de los defectos de secado se realizó con base en la metodología sugerida por Hallock y Malcolm (1972) y Milota (1996) y posteriormente sobre las mismas tablas, los dichos defectos anteriormente detallados fueron nuevamente determinados luego del proceso de secado.

En el control del contenido de humedad, fueron obtenidas 6 muestras testigos, las cuales 2 veces por días fueron pesadas. Así mismo el horno cuenta con seis sondas de humedad para el control de humedad. Las mediciones del contenido de humedad por la sonda fue usado como referencia para realizar cambios tanto en la temperatura como en la humedad relativa dentro del horno. Tres muestras testigos y 3 sondas fueron colocadas en ambos lado de la pila de madera a diferentes alturas (bajo, media y alto de la pila). El programa de secado aplicado a cada una de las especies se considero los programas reportador por siguiente literatura:

*Acacia magnium* (acacia): se combino programas T2-D4 (modificado) y T6-D2 establecido por Sydney et al. (1988).

*Alnus acuminata* (jaul): programa T10-E3 (Sydney et al. 1988).

*Bombapcosis quinatum* (pochote): programa de secado T6-D4/T3-D3 (Cordero, 2003),

*Cupressus lusitanica* (ciprés): programa T3-C2 (Sydney et al. 1988).

*Gmelina arborea* (melina): Programa propuesto por Muñoz y Moya (2008)

*Swietenia macrophylla* (caoba): programa T6-D4 (Sydney et al. 1988).

*Tectona grandis* (teca): Apéndice E programa H (Ajustado) (Sydney et al. 1988).

*Terminalia amazonia* (amarrillón): programa T3-C2 (Sydney et al. 1988)..

*Terminalia oblonga* (surá): programa T3-C2 (Sydney et al. 1988)..

*Vochysia guatemalensis* (cebo). programa T2-D4 (Sydney et al. 1988)..

## 13. Preservación

### 13.1 Método inmersión-difusión con solución de boratos

Las muestras en condición verde fueron sumergidas durante un minuto en la sustancia preservante compuesta por ácido bórico, borato de sodio y agua, con una concentración del 12%, lo cual indica que esta saturada. Seguidamente, las muestras fueron cubiertas con plástico y se almacenaron durante seis semanas, posteriormente las muestras se sacaron y se cortaron por la mitad, para medir la penetración de las mismas, lo cual se realizó rociando sobre sus extremos una solución compuesta de cúrcuma en alcohol. Por último se aplicó una solución reveladora. Cuando las muestras presentaron un color rojo brillante indicaron la presencia de preservante y color amarillo la ausencia del mismo. La retención del boro fue determinada siguiendo la metodología propuesta por Leandro (2004), en el cual la retención es caracterizada por el color revelado por las muestras.

### 13.2 Sistema vacío-presión con solución preservante CCA-C

La madera utilizada para los muestreos fue secada a un 12% de contenido de humedad y se utilizó una solución preservante al 2,8% de CCA-C, cuya composición es óxido de cobre (17%), óxido de cromo (44%) y óxido de arsénico (30%). A las muestras se les aplicó un vacío de 0,31 kg/cm<sup>2</sup> durante 30 minutos, luego se introdujo el preservante con una presión de 12 kg/cm durante dos horas y como último paso se evacuó el preservante aplicando un vacío de 0,31 kg/cm<sup>2</sup> por un período de 10 minutos.

La absorción se obtuvo por medio de la resta del peso final menos el peso inicial. La penetración se midió cortando las piezas en la parte transversal (una vez secas al aire) y por medio de una prueba colorimétrica y la aplicación de cromoazul. Este producto químico se torna azul oscuro en presencia de los óxidos de cobre contenidos en el CCA, entre más azul mayor penetración.

### 14. Durabilidad

De un disco proveniente a la altura del pecho se obtuvieron las muestras para el ensayo de durabilidad natural, para lo cual se tomaron muestras en 4 posiciones radiales del disco, la primera posición fue cerca de la médula, la segunda fue a la mitad de la distancia entre médula-corteza, la tercera fue próxima a la corteza y la última en la albura. Las dimensiones de las probetas fueron 2 x 2 x 2 cm. Este muestro se repitió en la dirección de los 4 puntos cardinales, en cada punto fueron cortadas 2 muestras. Para la realización de los ensayos de biodeterioro se utilizaron el método suelo-bloque y se trabajó con los hongos *Trametes versicolor* y *Pycnoporus sanguineus*. En el caso de la metodología suelo-bloque se trabajó siguiendo la Norma ASTM designación D-2017-81 (1994), para ensayos acelerados de resistencia natural a la pudrición.

### 15. Trabajabilidad

El material fue obtenido de fue proveniente de las tablas que fueron secadas al horno en los ensayos de secado convencional. Se tomaron 10 muestras de corte transversal, 10 muestras de corte radial y 10 muestras de corte oblicuo de toda la madera seca, teniendo el cuidado de seleccionar la misma tabla y los mismos árboles. Esta medición contempla ensayos de cepillado, lijado, taladrado, moldurado, escopleado y torneado. Los ensayos se efectuaron siguiendo las especificaciones estipuladas en la Norma ASTM-D-1666-93, con modificaciones propuestas para efectos de ensayos de maderas tropicales "Normas de trabajabilidad del acuerdo de Cartagena", adaptada para los ensayos de Costa Rica. Los criterios y clasificación son detallados en el siguiente cuadro;

Cuadro de clasificación utilizado en los ensayos de trabajabilidad

Tipo de ensayo	Categoría	Calificación	Descripción de parámetro evaluado y clasificación		
	1	Excelente	Área libre de defectos	80-100% del área libre de defectos	
	2	Buena		60- 80% del área libre de defectos	
	3	Aceptable		40- 60 % del área libre de defectos	
	4	Pobre		20- 40% del área libre de defectos	
	5	Muy pobre		0- 20% del área libre de defectos	
Lijado	1	Muy difícil	<i>Facilidad de remoción</i>	< 0.025 mm de remoción	
	2	Difícil		0.0251-0.05 mm de remoción	
	3	Poco difícil		0.051-0.075 mm de remoción	
	4	Fácil		0.0751-0.100 mm de remoción	
	5	Muy fácil		> 0.101 mm de remoción	
	1	Alta	<i>Temperatura</i>	> 37 °C	
	2	Media		34-37 °C	
	3	Baja		< 34 °C	
	1	Excelente	<i>Rayado y vellosidad</i>	Sin rayas ni vellosidad	
	2	Muy Buena		Con muy pocas rayas y vellosidad	
	3	Buena		Con rayas y vellosidad por partes	
	4	Regula		Con rayas y vellosidad abundantes	
	5	Mala		Totalmente rayada o vellosa	
	Taladrado	1	Muy deficiente	<i>Eficiencia en la Penetración</i>	< 0.1 mm
		2	Deficiente		0.101-0.17 mm
3		Poco eficiente	0.171-0.25 mm		
4		Eficiente	0.251-0.32 mm		
5		Muy eficiente	> 0.321 mm		
1		Excelente	<i>Calidad del taladrado</i>	Sin defectos	
2		Muy buena		Con 1 o varios defectos, pero el daño no supera el 25% del área taladrada	
3		Buena		Con defectos de 1 o varios tipos pero el daño no supera el 50% del área y no es continuo	
4		Regular		Con 1 o varios defectos de hasta un 75% del área – daño continuo	
5		Mala		Con 1 o varios defectos que cubren más del 75% del área taladrada	

Cont... Cuadro de clasificación utilizado en los ensayos de trabajabilidad

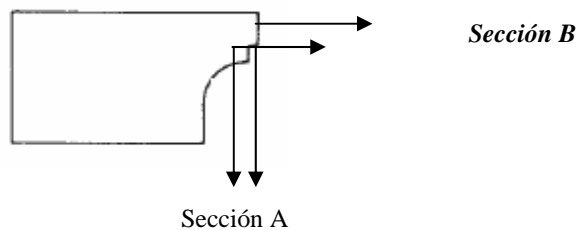
Tipo de ensayo	Categoría	Calificación	Descripción de parámetro evaluado y clasificación
<i>Moldurado</i>	1	Excelente	Sin defectos
	2	Muy buena	Con 1 o varios defectos, pero el daño no supera el 25% del área moldurada
	3	Buena	Con defectos de 1 o varios tipos pero el daño no supera el 50% del área y no es continuo
	4	Regular	Con 1 o varios defectos de hasta un 75% del área –daño continuo
	5	Mala	Con 1 o varios defectos que cubren más del 75% del área moldurada
<i>Escopleado</i>	1	Excelente	Sin defectos
	2	Muy buena	Con 1 o varios defectos, pero el daño no supera el 25% del área escopleada
	3	Buena	Con defectos de 1 o varios tipos pero el daño no supera el 50% del área y no es continuo
	4	Regular	Con 1 o varios defectos de hasta un 75% del área –daño continuo
	5	Mala	Con 1 o varios defectos que cubren más del 75% del área escopleada
<i>Torneado</i>	1	Excelente	Sin defectos
	2	Buena	Con 1 o varios defectos, pero el daño no supera el 25% del área
	3	Regular	Con defectos de 1 o varios tipos pero el daño no supera el 50% del área y no es continuo
	4	Mala	Con 1 o varios defectos de hasta un 75% del área –daño continuo
	5	Muy mala	Con 1 o varios defectos que cubren más del 75% del área

**Cepillado:** El área libre de defectos fue calculado de acuerdo a lo detallado en la norma ASTM-D-1666-93.

**Lijado:** La norma no sugiere nada relacionado con el modo de clasificación del defecto, por lo que se estableció los parámetros detallados en el cuadro anterior.

**Taladrado:** La norma no sugiere nada sobre eficiencia del taladrado y facilidad del taladrado, tampoco refiere nada sobre tipos de broca. Debido a esto se está utilizando 4 condiciones: (1) Broca para metal 1000 rpm y 11.2 kg, (2) Broca para metal 500 rpm y 11.2 kg y (3) Broca para madera 1000 rpm y 11.2 kg y (4) Broca para madera 500 rpm y 11.2 kg. Para medir la penetración el espesor de la viruta fue calculado con  $EV = D/T \times n \times N$ , donde: EV= espesor de la viruta, D= profundidad en mm del taladrado, n= rpm y N= n° de hélices

**Moldurado:** Se clasifican 2 partes de la moldura: sección A es el área moldurada paralela al ancho de la probeta y la sección B es el área de moldurada, perpendicular al ancho de la probeta ver Figura.



## BIBLIOGRAFÍA

ASTM (American Society for Testing and Materials, USA). 2003. D1106-96 Standard Test Method for Acid-Insoluble Lignin in Wood. In: Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.10. Philadelphia, USA. (ASTM D 1106-96 Reproved 2001).

ASTM (American Society for Testing and Materials, USA). 2003. D1666-87 Standard Test Methods for Conducting Machining Tests of Wood and Wood-Base Materials<sup>1</sup>. In: Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.10. Philadelphia, USA. (ASTM D 1666-87 Reproved 2004).

ASTM (American Society for Testing and Materials, USA). 2003. D 2017-81 Standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. In: Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.10. Philadelphia, USA. (ASTM D 2017-81 Reproved 1994).

ASTM (American Society for Testing and Materials, USA). 2003. D1108-96 Standard Test Method for Dichloromethane Solubles in Wood. In: Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.10. Philadelphia, USA. (ASTM D 1108-96 Reproved 2001).

ASTM (American Society for Testing and Materials, USA). 2003. D1109-84 (1995) e1 Standard Test Method for 1% Sodium Hydroxide Solubility of Wood. In: Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.10. Philadelphia, USA. (ASTM D 1109-96 Reproved 2001).

ASTM (American Society for Testing and Materials, USA). 2003. D1110-84 (1995) Standard Test Methods for Water Solubility of Wood. In: Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.10. Philadelphia, USA. (ASTM D 1110-96 Reproved 2001).

ASTM (American Society for Testing and Materials, USA). 2003. D1102-84 (1995) e1 Standard Test Method for Ash in Wood. In: Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.10. Philadelphia, USA. (ASTM D 1102-81 Reproved 2001).

ASTM (American Society for Testing and Materials, USA). 2003. D1107-96 Standard Test Method for Ethanol-Toluene Solubility of Wood. In: Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.10. Philadelphia, USA. (ASTM D 1107-96 Reproved 2001).

STM (American Society for Testing and Materials, USA). 2003. D5536-94 (2003) Standard Practice for Sampling Forest Trees for Determination of Clear Wood Properties. In: Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.10. Philadelphia, USA. (ASTM D 5536-94 Reproved 2004).

ASTM (American Society for Testing and Materials, USA). 2003a. D 2395-02 Standard test methods for specific gravity of wood and wood-base materials. In: Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.10. Philadelphia, USA.

ASTM (American Society for Testing and Materials, USA). 2003b. D 143-94 Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. In: Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.10. Philadelphia, USA.

Barrantes, A; Salazar, G. 2007. Usos y aportes de la madera en Costa Rica. San José, CR, Oficina Nacional Forestal, Ministerio de Energía y Minas. 28 p.

COPAN (Comisión Pan-Americana de Normas Técnicas). 1974. Descripción macroscópica, microscópica y general de la madera. Vol. 30, p.1-19. São Paulo, Brasil.

Cordero, J. 2003. Propiedades de la madera. In Cordero, J. y Boshier, D.H. *Bombacopsis quinata* un árbol maderable para reforestar. Oxford Forestry Institute. Department of plant Science. University of Oxford. Tropical Forestry Paper 39. p.119.

Espinoza, N. y León, W. 2001. Anatomía de la madera. Universidad de Los Andes. Consejo de Publicaciones y Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico. Mérida, Venezuela. 397p.

FAO (Food and Agriculture Organization). 1986. Wood preservation manual. Mechanical wood products branch. Forest industries division. Forestry Department. Roma, Italia. 152 p.

Hallock, H y Malcolm, FB. 1972. Sawing to reduce warp in plantation red pine studs. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. (Research paper FLP-164). Madison, USA, 35 p.

IAWA. 1989. List of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bull. 10(3):219-332.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 1992. Normas e procedimentos em estudos de anatomia da madeira: angiospermas e gimnospermas (Série Técnica, 15). Diretoria de Incentivo à Pesquisa e Divulgação. Brasília. 17p.

JOHANSEN, D. A. 1940. Plant microtechnique. MacGraw-Hill. New York, USA. 533 p.

Leandro, L. ; Moya, R. ; Monge, F. 2004. Preservación de melina mediante el método inmersión - difusión con sales de boro. [Kurú: Revista Forestal 1\(2\) 4 p.](#)

Mac Corporation. 1994. Munsell soil color charts. Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation. 35p.

Milota, MR. 1996. Method of measurement of bow and crook. Forest Products Journal. 41(9) 65-68.

Moya, R. 2000. Comportamiento y rendimiento en aserrío de trozas de *Terminalia amazonia* de 6 años de edad provenientes de la zona sur de Costa Rica. Revista Forestal Centroamericana 29(1): 14-19.

Moya, R. 2004. Wood of *Gmelina arborea* in Costa Rica. [New Forests 28\(2-3\): 299-317.](#)

Moya, R. y Muños, F. 2008. Wet Pockets in kiln-dried *Gmelina arborea* lumber. [Journal of Tropical Forest Science 20\(1\): 48-56.](#)

Moya, R., 2007. Industrialización y comercialización de madera proveniente de plantaciones forestales en Costa Rica. [Recursos Naturales y Ambiente 49:154-162](#)

Muños, F. y Moya, R., 2008. Moisture content variability in kiln-dried *Gmelina arborea*: effect of radial position and anatomical features. Journal of Wood Science 54(4):318-322.

Rietz, R.; Page, R. 1971. Air Drying of lumber: A guide to industry practices. (Agriculture handbook No. 402) U.S. Department of Agriculture. Forest Service. USA.

Sage, L. y Quirós, R. 2001. Proyección de volumen de madera para aserrío proveniente de las plantaciones de melina y teca y otras fuentes. (Informe Forestal Proyecto: TCP/COS/006(A): Mercado e Industrialización de materia prima proveniente de plantaciones forestales). Fondo Nacional de Financiamiento. San José, Costa Rica. 78 p.

Sidney, R.; Charles J.; Kozlik, P.; Bois, J.; Wengert, E. 1988. Dry Kiln Schedules for Commercial Woods: Temperate and Tropical. Department of Agriculture , Forest Service Forest Products Laboratory. General Technical Report FPL-GTR-57. USA. 158 p.

UTHSCSA (Health Science Center). 2006. Image Tools. Texas University San Antonio. Download 15 February 2006. (Online) <http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/download.html>