



Fichas técnicas sobre características tecnológicas y usos de maderas comercializadas en México

**GOBIERNO
FEDERAL**

SEMARNAT



TOMO II



Vivir Mejor

Comisión Nacional Forestal

Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico

Periférico Pte. 5360

Colonia San Juan de Ocotán

Zapopan, Jalisco. C.P. 45019

Tel. 01 800 7370 0000 y (33) 3777 7017

www.conafor.gob.mx

tt@conafor.gob.mx

Reconocimientos

De manera muy especial a la Gerencia de Desarrollo y Tranferencia de Tecnología de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) por el apoyo económico recibido para la realización del proyecto "Elaboración de fichas técnicas sobre características tecnológicas y usos de maderas mexicanas de interés para plantaciones forestales y comerciales" que permitió la elaboración de las fichas.

A los empresarios de la Industria maderera y mueblera que acudieron a nuestra convocatoria para la selección de las maderas que debían ser involucradas en el proyecto de elaboración de fichas técnicas de especies de madera.

Investigador responsable del proyecto

José Antonio Silva Guzmán

Colaboradores

Francisco Javier Fuentes Talavera

Raúl Rodríguez Anda

Paola Andrea Torres Andrade

María Guadalupe Lomelí Ramírez

Juan Ramos Quirarte

Christina Waitkus

Hans Georg Richter

Departamento de Madera Celulosa y Papel "Ing. Karl Augustin Grellmann"

Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería

Universidad de Guadalajara

[Http://dmcyp.cucei.udg.mx](http://dmcyp.cucei.udg.mx)

CONTENIDO

- AGUACATE** *Persea americana*
AILE *Alnus acuminata*
AMARGOSO *Vatairea lundellii*
BALSA *Ochroma pyramidale*
BÁLSAMO *Myroxylon balsamum*
BARCINO *Cordia elaeagnoides*
BOJÓN *Cordia alliodora*
CAOBA *Swietenia macrophylla*
CAPOMO *Brosimum alicastrum*
CEDRILLO *Guarea spp.*
CEDRO *Cedrela spp.*
CEIBA *Ceiba pentandra*
ENCINO *Quercus durifolia*
EUCALIPTO GLOBULUS *Eucalyptus globulus*
FRIJOLILLO *Cajoba arborea*
GUAYACÁN *Guaiaacum spp.*
JOBILLO *Astronium graveolens*
JOBO *Spondias mombin*
KATALOX *Swartzia cubensis*
MAQUILLA *Andira inermis*
MELINA *Gmelina arborea*
MEZQUITE TERCIOPELO *Prosopis velutina*
NOGAL *Juglans spp.*
PALMA DE COCO *Cocos nucifera*
PALO DULCE *Eysenhardtia polystachya*
PALO FIERRO *Olneya tesota*
PALO MULATO *Bursera simaruba*
PAQUE *Dialium guianense*
PARAÍSO *Melia azedarach*
PICH *Schizolobium parahybum*
PINO BLANCO *Pinus douglasiana*
PINO CHINO *Pinus leiophylla*
PINO COLORADO *Pinus durangensis*
PINO OCOTE *Pinus oocarpa*
PINO OREGON *Pseudotsuga menziesii*
PINO PONDEROSA *Pinus ponderosa*
PINO REAL *Pinus pseudostrobus*
SAC CHACAH *Dendropanax arboreus*
SALIGNA *Eucalyptus saligna*
SIRICOTE *Cordia dodecandra*
TECA *Tectona grandis*

Este producto es resultado del proyecto “Elaboración de Fichas Técnicas sobre las Características Tecnológicas y Usos de Maderas Mexicanas de Interés para las Plantaciones Forestales Comerciales”, financiado en el ejercicio 2007 a través de Apoyo Directo con clave PE07.07, que es un mecanismo de financiamiento para la Investigación Aplicada, el Desarrollo Tecnológico, Divulgación y Transferencia de Tecnología de la Comisión Nacional Forestal. Todos los proyectos pueden ser consultados en el Sistema de Control y Seguimiento de Proyectos de Desarrollo, Transferencia de Tecnología e Investigación, disponible en la dirección:

www.conafor.gob.mx/conacyt-conafor”.

INTRODUCCIÓN

Debido a la creciente dinámica de importación de maderas, México es uno de los países con más diversidad en el uso de especies de madera. En los últimos seis años se ha incrementado considerablemente la importación de madera (cerca del 50% en volumen y 70% en valor) procedente de los países sudamericanos, principalmente Brasil, Bolivia, Chile, Colombia y Perú, así como de los EUA y Canadá. Por lo tanto se tiene una gama de opciones para los usuarios de la madera. Sin embargo, existe poca información básica, accesible y confiable sobre las características y propiedades tecnológicas, así como también de los usos de las maderas nativas e importadas ofrecidas en el mercado maderero mexicano. Esto origina serios problemas ocasionados por el desconocimiento de sus propiedades y usos más adecuados. En la mayoría de los casos se conoce solamente su nombre común de la región de donde proviene, careciendo de todas las informaciones que describen e identifican la madera como son: nombre(s) científico(s), características estéticas y estructurales, propiedades físicas y mecánicas, trabajabilidad con las máquinas y herramientas, durabilidad ante el ataque de hongos e insectos, usos tecnológicos adecuados actuales y potenciales, facilidad o dificultad que ofrece en los procesos de secado y preservación, entre otros.

La información general y técnica sobre las maderas regularmente se encuentra en diversas publicaciones de difícil acceso a los industriales, comerciantes y usuarios. Existen algunas fichas técnicas de maderas comercializadas en México, pero en la mayoría de los casos la información no cubre las necesidades requeridas por los usuarios y/o no está disponible en español para maderas provenientes de los Estados Unidos y Canadá. En otros casos la información proporcionada principalmente para las maderas provenientes de Sudamérica y Asia es de tipo comercial por lo que no es muy confiable.

El Centro de Investigación en Propiedades y Usos de la Madera del Departamento de Madera, Celulosa y Papel "Ing. Karl Augustin Grellmann" de la Universidad de Guadalajara, consciente de la problemática previamente descrita, se dio a la tarea de conjuntar información científica y tecnológica sobre maderas nativas de México e importadas, con el objeto de contribuir a una mejor comprensión y entendimiento de sus propiedades y usos, así como generar una fuente de información útil y confiable, tanto para la comunidad científica como para empresarios y usuarios de la madera.

Las fichas que se divulgan en esta obra de manera concisa contienen información sobre 41 especies de maderas. Una parte importante de esta información fue originada de proyectos de investigación desarrollados a través de los años por los profesores autores, así como mediante la dirección

de trabajos de tesis de estudiantes de Licenciatura (Agronomía, Biología y Tecnología de la Madera) y de la Maestría en Ciencia de Productos Forestales.

La utilización de estas fichas fomentará el uso racional de la madera basado en sus propiedades tecnológicas determinadas mediante un procedimiento científico, favoreciendo la disminución de los desperdicios y riesgos por el empleo inadecuado debido al desconocimiento de sus propiedades tecnológicas, contribuyendo a la protección de los recursos naturales a través de la gestión consciente y sustentable.

Debido a sus características estéticas y propiedades tecnológicas la gran mayoría de las maderas incluidas en estas fichas técnicas pudieran tener potencial para realizar plantaciones forestales comerciales con el propósito de disminuir la importación de madera y generar riqueza en los bosques mexicanos. La información incluida en las fichas permite ayudar en la toma de decisiones para definir el tipo de maderas a plantar en función de las necesidades del mercado, así como también conocer los futuros usos que puede tener la madera proveniente de las plantaciones. Por supuesto que el establecimiento de plantaciones de algunas maderas incluidas en las fichas técnicas dependerá de los requerimientos de crecimiento y capacidad de adaptación de las especies no nativas.

Estas fichas técnicas constituyen un medio de información imparcial elaborado por personal altamente calificado. Facilitarán la comunicación entre la cadena productiva y los usuarios, fomentando mejores relaciones comerciales y disminuyendo la desconfianza que rige actualmente por la inexactitud o carencia de información. Además se fomentará en la sociedad una cultura de utilización racional de la madera basada en el conocimiento de sus propiedades tecnológicas.

Se espera también contribuir a solucionar la problemática que ha persistido por muchos años en la industria y el comercio de la madera, la cual ha generado pérdidas económicamente importantes. El comercio interno y externo de la madera se verá beneficiado económicamente mediante el uso y manejo adecuado de la información científica, tecnológica y visual incluida en las fichas.

NOTAS EXPLICATIVAS SOBRE LA INFORMACIÓN INCLUIDA EN LAS FICHAS TÉCNICAS

Nomenclatura

En lo que respecta a la nomenclatura botánica actual de la madera comercial, se incluye el nombre del género, de la especie, del autor y de la familia a la cual pertenece.

Ejemplo (caoba):

Género	Especie	Autor	Familia
<i>Swietenia</i>	<i>macrophylla</i>	King	Meliaceae

Los nombres botánicos de los árboles son únicos y universales, independiente de su procedencia, lo cual asegura su diferenciación con respecto a cualquier otra especie de madera. No así los nombres vulgares, que pueden ser coincidentes y tratarse de dos especies de madera diferentes o al contrario, dos nombres vulgares diferentes pueden referirse a la misma especie de madera.

En ciertos casos se ha utilizado el acrónimo „spp.“ (= **s**pecies **p**luralis, derivado del idioma latino) en lugar del nombre de la especie. Este acrónimo indica cualquier cantidad de especies del mismo género que se comercializan bajo un sólo nombre común.

Ejemplo: Álamo = *Populus* spp.

También en ocasiones se ha utilizado el acrónimo „sp.“ (**s**pecies, derivado del idioma latino) en lugar del nombre de la especie. Este acrónimo indica cualquiera especie individual no determinada de varias pertenecientes al mismo género.

Ejemplo: *Pinus* sp. (= pino)

Bajo el rubro “Otros nombres” se encuentra una serie de nombres regionales o locales utilizados para comercializar la madera en diferentes regiones o países de su distribución geográfica. Los códigos de los países siguen la norma ISO 3166 (http://www.iso.org/iso/country_codes/iso_3166_code_lists.htm)

Antecedentes

CITES: Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Esta organización internacional se dedica a la protección de especies en peligro de extinción, entre ellas algunas especies arbóreas que producen maderas comerciales. De acuerdo con la magnitud del peligro se distingue 3 niveles (apéndices) de protección ante la explotación excesiva:

En el Apéndice I se encuentran las especies de animales y plantas en mayor peligro de extinción. Están amenazadas de extinción y la CITES prohíbe generalmente el comercio internacional de especímenes de estas especies. No obstante, puede autorizarse el comercio de las mismas en condiciones excepcionales, por ejemplo, para la investigación científica. En este caso, puede autorizarse el comercio otorgando un permiso de exportación (o certificado de reexportación) y un permiso de importación. Ejemplo: *Dalbergia nigra* (jacarandá da Bahía).

En el Apéndice II figuran especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio. En este Apéndice figuran también las llamadas "especies semejantes", es decir, especies cuyos especímenes objeto de comercio son semejantes a los de las especies incluidas por motivos de conservación. El comercio internacional de especímenes de especies del Apéndice II puede autorizarse otorgando un permiso de exportación o un certificado de reexportación; no es necesario contar con un permiso de importación. Sólo deben concederse los permisos o certificados si las autoridades competentes han determinado que se han cumplido ciertas condiciones, en particular, que el comercio no será perjudicial para la supervivencia de las mismas en el medio silvestre. Ejemplo: *Swietenia* spp. (caoba), *Guaicum* spp. (guayacán).

En el Apéndice III se enlistan las especies incluidas por los países miembros que ya han reglamentado el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas. Sólo se autoriza el comercio internacional de especímenes de estas especies con previa presentación de los permisos o certificados apropiados. Ejemplo: *Cedrela odorata* (cedro; PERÚ).

Características generales

Albura y Duramen: Árboles mantienen volúmenes variables de albura - la parte fisiológicamente activa del tronco que ocupa el área más externa - para asumir las funciones de conducción de agua, almacenamiento de carbohidratos y su capacidad de responder a heridas externas e internas. Por otro lado, la parte central del tronco se convierte gradualmente en duramen que contiene solamente células muertas sin la capacidad de conducir agua y almacenamiento de sustancias nutritivas. La albura, de color generalmente más claro que la madera de duramen, tiene sus elementos conductores libres de obturaciones por depósitos de extraíbles o tílides. A medida que se crean nuevas capas de albura, las próximas al duramen van perdiendo su función conductora y se convierten en duramen, proceso que se caracteriza por modificaciones morfológicas (anatómicas) y químicas, o sea, la formación de tílides en algunas maderas latifoliadas y/o de sustancias orgánicas como taninos u otras materias colorantes (extraíbles) que al oxidarse le dan su característico color oscuro.

El proceso de formación del duramen protege a la madera contra los ataques de los hongos, por el taponamiento de las vías de conducción y la impregnación de los tejidos con sustancias que tienen un cierto valor antiséptico. Estas características que pudieran ser ventajas para el empleo natural de la madera, constituye, sin embargo un inconveniente para su su secado y su impregnación técnica con productos químicos. En resumen, la madera de duramen no sólo es más oscura en ocasiones, sino que también puede ser más pesada y más resistente a los ataques de hongos e insectos, mientras que la zona exterior del tronco, es decir la albura, es más clara, más permeable y en ocasiones menos valiosa. Sin embargo, desde el punto de vista de los tratamientos técnicos, la albura es más fácil de tratar y de trabajar en la mayor parte de los procesos de elaboración y desintegración mecánica.

Caracterización física y biológica del duramen (en relación a la albura)

1. Puede o no tener un color diferente.
2. Contiene menos agua (contenido de humedad más bajo).
3. Puede o no tener una densidad más alta debido a la acumulación de sustancias orgánicas; sin embargo, esto no implica en una resistencia mecánica más alta desde que estas sustancias contribuyen apenas al peso.
4. Puede o no tener una durabilidad natural más alta debido a la acción antiséptica de extraíbles depositados en sus células y paredes celulares.
5. Generalmente es menos permeable (hasta prácticamente impermeable) debido a la obturación de los principales conductos por sustancias orgánicas o tílides (sólo en algunas latifoliadas).

Hilo/Grano entrecruzado: Cuando los tejidos axiales que conforman la madera se desarrollan en forma inclinada con respecto al eje central del árbol (hilo en espiral) y cambian de dirección (ángulo) periódicamente. Este fenómeno ocurre frecuentemente en maderas latifoliadas tropicales (diagnóstico) mientras es muy raro en maderas latifoliadas de las zonas de clima templado. Conforme los libros texto sobre anatomía y tecnología de la madera, hilo entrecruzado no ocurre en maderas de coníferas, sin embargo la experiencia demuestra que hay pocas excepciones a esta regla.

El hilo entrecruzado no se puede detectar en superficies transversales ni tangenciales, solamente se lo detecta con certeza en superficies radiales las cuales muestran listones de diferente color (Fig. 1a,b). Es importante notar que esta diferencia en color aparente no se debe a una pigmentación de la madera, sino exclusivamente a un efecto óptico, o sea a la diferente reflexión de la luz incidente por las fajas adyacentes cortadas a diferentes ángulos del hilo. La mejor manera de comprobar la presencia de hilo entrecruzado es rajando la madera longitudinalmente en el plano radial. La línea de la rajadura muestra un curso sinuoso, picos alternando con valles (Fig. 2). En superficies radiales cepilladas la presencia de hilo entrecruzado se manifiesta por el cambio periódico de los trazos de los vasos de largos cuando el plano del corte es más o menos paralelo al hilo a cortes cuando el hilo es cortado a un ángulo (Fig.1b). Las especies de madera con hilo/grano entrecruzado son por lo general más difíciles de trabajar en las superficies radiales.



Figura 1a. Listones alternantes de color claro y oscuro causado por diferente reflexión de la luz incidente, por ejemplo en Sapeli (*Entandrophragma cylindricum*)



Figura 1b. Zonas con trazos de los vasos largos (cortados en paralelo al hilo) alternando con zonas con trazos de los vasos cortos (cortados a un ángulo), por ejemplo en Parota (*Enterolobium cyclocarpum*)



Figura 2. Curso sinuoso de la rajadura longitudinal radial y el padrón resultante de picos y valles en la superficie radial de las dos piezas separadas, por ejemplo en la madera africana de Bilinga (*Nauclea diderrichii*)

Textura: Se refiere al tamaño de las células y/o tejidos, su uniformidad de distribución y la cantidad de ellas en una área determinada y sólo se lo indica como fina, media y gruesa (Fig. 3). El parámetro predominante para esta clasificación es el tamaño de los poros y sus trazos en las superficies longitudinales que, dependiendo de su tamaño le proporcionan a la superficie una menor o mayor aspereza. En segundo plano se considera también el tamaño (altura y ancho) de los radios y la cantidad y distribución del parénquima axial.



Figura 3. Ceiba (*Ceiba pentandra*) textura gruesa (izquierda), Cedrillo (*Guarea sp.*) textura media (centro) y Aile (*Alnus glabrata*) textuira fina (derecha).

Factores de conversión

Para la presentación de datos numéricos de las propiedades físicas y mecánicas se optó por el sistema métrico por ser el más ampliamente reconocido y aceptado en la mayor parte del mundo. Para facilitar la conversión de los datos presentados al sistema anglo-americano se utilizaron los siguientes factores de conversión:

- $\text{g/cm}^3 \quad 0.016 = \text{lb/ft}^3$
- $\text{N/mm}^2 \quad 0.006895 = \text{lb/in}^2$

Ejemplos: La densidad media de una madera seca al aire es de 0.55 g/cm^3 ; la división de este valor entre el factor 0.016 dará una densidad media de aproximadamente 34 lb/ft^3 .

El rango de la resistencia a flexión de una madera es de $64 - 74 \text{ N/mm}^2$; la división de estos valores entre el factor 0.0068947 dará un rango de $9280 - 10730 \text{ lb/in}^2$.

Para la conversión de valores [N/mm^2] en valores [kg/cm^2] se multiplica los primeros por el factor 10 o sea, 97 N/mm^2 corresponden aproximadamente a 970 kg/cm^2 .

En lo que respecta a la resistencia al impacto, no es posible convertir valores obtenidos por la norma de Estados Unidos (EUA) en valores conforme la norma Europea. Los métodos de determinar la resistencia al impacto usado por las dos normas son fundamentalmente diferentes de manera que no permiten una conversión aproximada. Donde no se encontró valores obtenidos según

la Norma Europea [kJ/m^2] en estado seco al aire (CH = 12-15%) se entró valores determinados en estado verde (Torelli & Gorizek, 1995c) Faltando equivalentes para la resistencia al impacto en kJ/m^2 , se los estimó con base en la densidad seca al aire (CH 12-15%) mediante la ecuación

$a = C \cdot \rho^n \cdot 100$ (Kollmann & Côté 1968) donde:

a = Resistencia al impacto [kJ/m^2], C = constante que varía entre 1.5 y 2.1 (promedio de 1.8 para madera en aprox. 12% CH), ρ = densidad en aprox. 12% CH, n = exponente que, como regla general, asume un valor de 2.

Los valores de dureza (lateral) se presenta conforme los métodos JANKA [kN] comúnmente empleado en los EUA y Canadá y BRINELL [N/mm^2], método más frecuentemente usado en los países europeos.

Propiedades físicas

Peso verde: Se refiere a la densidad de la madera verde (saturada de agua) en kilogramos por metro cúbico [kg/m^3]. Este dato es útil para efectos de transportación de madera en rollo o aserrada verde, cuyo costo lo calculan generalmente con base en el peso húmedo.

Ejemplo: Madera aserrada con un peso verde de 1200 kg/m^3 .
 1 m^3 de madera = 423 pies tabla. 1000 pies tabla de esta madera corresponden a 2.36 m^3 , que equivalen a un peso de 2837 kg.

Densidad seca al aire: Se refiere al valor de densidad de la madera a un contenido de humedad (CH) de 12% a 15%, el cual corresponde a la mayoría de usos de la madera en servicio. Esta propiedad permite al usuario estimar la potencial resistencia mecánica de la madera dada la relación proporcional existente entre densidad y las propiedades mecánicas de la madera.

Contracción máxima (máx): Es definida como la disminución de las dimensiones lineales (longitudinal, radial y tangencial), que ocurren en una pieza de madera, al pasar del estado verde a otro completamente seco (CH = 0%), tal como se ilustra en la figura 4.

Contracción por secado o contracción normal (β_N). Se trata del cambio dimensional que ocurre en la madera en sus ejes principales, al reducirse su contenido de humedad de un estado de saturación (CH \geq 30%) a un estado seco aproximado de 12% de CH, el cual corresponde a un 65% de humedad relativa del aire (HR) y temperatura de 20°C. Suele ser útil para estimar el

refuerzo de ancho y espesor en el aserrío de la madera y para el cálculo de la anisotropía de la contracción normal (AN).

Datos

Especie de madera = *Pinus leipophylla*.

Ancho de la pieza en la dirección radial = 20 cm.

Espesor (eje tangencial) = 2.5 cm

Contenido de humedad antes del secado = utilizar 30%, aún en el caso que fuera mucho mayor.

Contenido de humedad después del secado = 12%

Contracción por secado tangencial (β_{Nt}) = 5%

Contracción por secado radial (β_{Nr}) = 2.2%

Cálculo del ancho final de la tabla después del secado (Af)

$$Af = 20 - \left(\frac{20 \times 2.2}{100} \right) = 19.56 \text{ cm}$$

Cálculo del espesor final de la tabla después del secado (Ef)

$$Ef = 2.5 - \left(\frac{2.5 \times 5}{100} \right) = 2.375 \text{ cm}$$

Hinchamiento diferencial (q): Es el cambio dimensional en porcentaje, que ocurre en una pieza de madera en sus dimensiones lineales (longitudinal, radial y tangencial) por cada 1% de variación en su contenido de humedad, en el rango de uso práctico del 5% y 20% de CH. Es expresado en %/%. Permite calcular el incremento o disminución de una pieza de madera o manufactura por cada 1% de modificación de su CH, según sea el caso.

Calcular el cambio dimensional (I) de lambrines de madera elaborados en la ciudad de Guadalajara a un 12% de CH y que se instalarán en Puerto Vallarta, donde su CH al paso del tiempo llegará a ser de 18%.

Datos

Ancho del lambrín = 8.8 cm (considerando dirección tangencial)

Madera de encino (*Quercus castanea*)

CH1 = 12%

CH2 = 18%

qt = 0.476 %/%

$$\Delta l = l \left(CH_2 - CH_1 \right) \times \frac{q}{100}$$

$$\Delta l = 8.8 \left(18 - 12 \right) \times \frac{0.476}{100}$$

$$\Delta l = 0.251 \text{ cm.}$$

Ancho final del lambrín = 8.8 + 0.25 = 9.05 cm a CH = 18%.

Anisotropía de contracción (A β): Término técnico que resulta del cociente de la contracción tangencial y radial (β_t/β_r). Dependiendo de la especie de madera, su valor fluctúa de 1.5 a 2.5 e incluso hasta 3.0.

Es un índice muy importante en la práctica, ya que entre mayor sea su valor, se incrementa la tendencia a la aparición de rajaduras, agrietamientos y deformaciones durante el proceso de secado. Los valores numéricos de la anisotropía no son incluidos en la tabla de las propiedades físicas y mecánicas en la fichas. Sin embargo, se pueden calcular los respectivos cocientes fácilmente con base en las siguientes relaciones:

- Contracción máxima (total) tangencial y contracción máxima (total) radial (β_t/β_r) o
- Contracción por secado (normal) tangencial y la contracción por secado (normal) o radial, (β_{Nt}/β_{Nr}) o
- Hinchamiento diferencial tangencial e hinchamiento diferencial radial, (q_f/q_r).

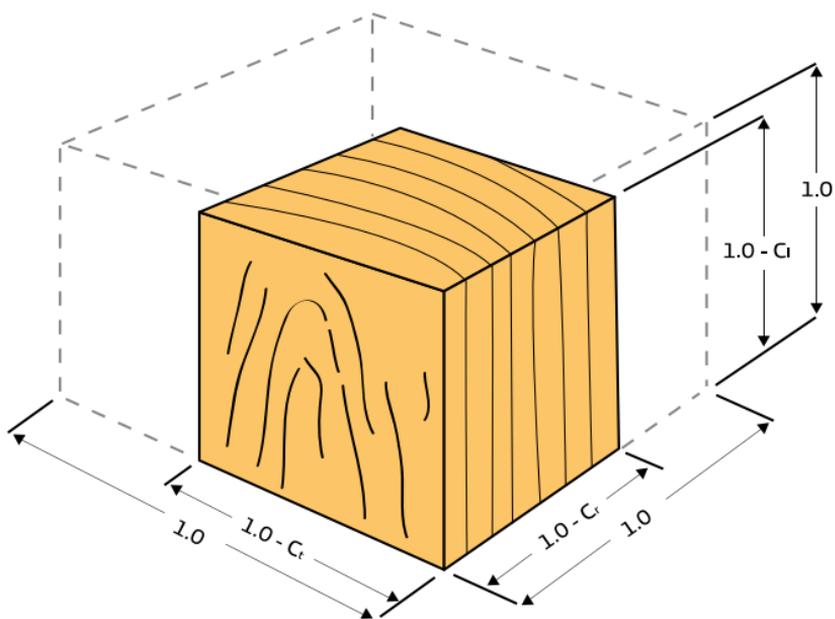


Figura 4. Ilustración de la contracción de la madera en cada uno de sus ejes principales. Ct = Contracción tangencial, Cr = Contracción radial, Cl = Contracción longitudinal. Gráfico adaptado de Otto Suchsland (2004). *The swelling and shrinking of wood. A practical technology primer*. Forest Products Society. Madison, Wi., 189 pp.

Estabilidad dimensional: Término cualitativo utilizado para calificar el comportamiento (movimiento) de la madera en servicio expuesta a cambios cíclicos de las condiciones ambientales (humedad relativa, temperatura). Es definido por los siguientes factores:

- Los valores absolutos de contracción/hinchamiento.
- La anisotropía de la contracción total o del hinchamiento diferencial.
- La velocidad con la cual la madera pierde o absorbe humedad del ambiente, propiedad que depende en gran parte de su higroscopicidad y permeabilidad.
- El desvío del hilo relativo al eje longitudinal de la pieza de madera

Entre más altas son la contracción total, la anisotropía y la permeabilidad, menor será la estabilidad dimensional debido al hecho que se puede esperar un movimiento (cambio de dimensiones) más fuerte, desigual y rápido.

- Se utilizan cuatro categorías descriptivas para la estabilidad dimensional:
- muy buena
- buena
- regular
- mala

Siempre tomando en consideración de manera estimativa, los criterios arriba mencionados, respecto al comportamiento de la madera bajo el cambio de las condiciones atmosféricas.

Propiedades mecánicas

En la tabla de datos de cada ficha se presentan los valores de resistencia a la compresión paralela, resistencia a la flexión (MOR flexión), módulo de elasticidad (MOE flexión), resistencia al cizallamiento, resistencia al impacto y dureza. Todas expresadas en el sistema internacional (SI) de unidades.

Resistencia a la compresión paralela (Módulo de Ruptura = MORcompresión)

Esfuerzo máximo [en N/mm^2] capaz de soportar la madera bajo una carga de aplastamiento aplicada a lo largo de su eje longitudinal, tal y como se ilustra en la figura 5.



Figura 5. Ensayo de compresión

Resistencia a la flexión (Módulo de Ruptura = MORflexión)

Esfuerzo máximo que puede soportar una madera cuando es aplicada una carga perpendicular a su eje longitudinal hasta al punto de ruptura por medio de un ensayo de flexión, tal y como se muestra en la figura 6. Es expresado en N/mm².

Módulo de Elasticidad (MOEflexión)

Es una constante que representa la rigidez de la madera cuando es sometida a fuerzas que intentan modificar su forma. Por lo tanto describe la relación entre la fuerza (carga) y la deformación (deflexión) que ocurre en la madera, dentro del campo elástico de la misma. Entre mayor sea el valor del módulo de elasticidad, mayor será su resistencia a la deformación (rigidez) bajo carga. El MOE es un dato muy útil y frecuentemente usado por ingenieros y arquitectos para calcular la carga admisible para piezas usadas en la construcción.



Figura 6. Ensayo de flexión

Resistencia al impacto

Este término en realidad expresa la energía [kJ/m²] necesaria para romper una madera cuando es sometida a un esfuerzo repentino (golpe) perpendicular a su eje longitudinal, tal y como se muestra en la figura 7. Entre mayor capacidad de absorción de energía tenga la madera, mayor será su resistencia al impacto y por consiguiente más pertinente su uso para aplicaciones donde esté sujeta a cargas de choque. Suele ser denominada también como trabajo por impacto, energía de ruptura por impacto, valor de impacto y absorción de energía.



Figura 7. Ensayo resistencia al impacto (péndulo)

Resistencia al cizallamiento

Resistencia interna [en N/mm^2] que desarrolla la madera como respuesta a una fuerza cortante paralela a la superficie sobre la que actúa, tal y como se muestra en la figura 8. También suele ser denominada como resistencia al corte.



Figura 8. Ensayo de cizallamiento (corte)

Dureza

La dureza de la madera suele ser determinada tanto por el método JANKA (en Norte y Sur América), como por el método BRINELL (principalmente en Europa). Cuando es determinada por el método JANKA, los valores son expresados en kN, y representan la fuerza requerida para hacer penetrar en la madera la mitad de un balín metálico de un diámetro de 11.28 mm. Para el caso de la dureza BRINELL, los valores son expresados en N/mm^2 , y representan la resistencia que opone la madera a la penetración de un balín metálico de 10 mm de diámetro en un lapso de tiempo de 45 segundos, referida al área de penetración (huella) ocurrida en la madera, tal y como se muestra en la figura 9.



Figura 9. Ensayo de dureza BRINELL

Los valores de dureza JANKA pueden ser transformados a BRINELL de acuerdo con la siguiente ecuación (Schwab, 1990):

$$D_{Brinell} = 3.1 \times D_{Janka} + 7.3 \text{ [N/mm}^2\text{]}^*$$

Ejemplo: Si el valor de dureza JANKA de una especie de madera es de 3.8 [kN], el valor correspondiente de la dureza BRINELL será:

$$D_{Brinell} = 3.1 \times 3.8 + 7.3 = 19 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Por otro lado, si se conoce la dureza BRINELL de una madera, por ejemplo =19 N/mm², se puede estimar la dureza JANKA con la misma ecuación de la siguiente forma:

$$D_{Janka} = \frac{19 - 7.3}{3.1} = 3.8 \text{ [kN]}$$

También se puede estimar el valor de la BRINELL con base en la densidad normal de la madera (CH = 12%) por medio de la siguiente expresión:

$$D_{Brinell} = 7.62 \times \text{Densidad}_N - 24.5 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Ejemplo: Si la densidad normal de una especie de madera es de 0.74 [g/cm³], el valor correspondiente de la dureza BRINELL será:

$$D_{Brinell} = 7.62 \times 0.74 - 24.5 = 32 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Secado

Proceso por el cual se extrae el agua contenida tanto en las cavidades como en las paredes celulares. Dentro de los métodos más comunes se encuentra el secado al aire libre y el técnico convencional. Es importante un adecuado manejo y secuela a utilizar, de no ser así, puede ocasionar defectos como rajaduras, alabeos, apanalamientos e incluso colapsos, que en conjunto merman el volumen de la madera a utilizarse. El secado forma parte fundamental del proceso de transformación, quedando en evidencia su influencia en la propia trabajabilidad, funcionalidad y acabado del producto terminado. Con respecto a los tiempos de secado, este dependerá de la propia estructura de la madera, difiriendo este entre especies. Sotomayor (1987) da a conocer una clasificación de secado de la madera con respecto a su tiempo de secado (tabla 1)

Tiempo de secado en estufa (hrs)	Tiempo de secado al aire libre (días)	Clasificación
Menos de 150	Menos de 100	Rápido
151 – 300	101 – 150	Moderadamente rápido
301 – 450	151 – 200	Moderadamente lento
Más de 450	Más de 200	Lento

Tabla 1. Clasificación de la madera con base en los tiempos de secado

Referente a las secuelas de secado propuestas para las diferentes especies, en el capítulo 07 (programas de secado) del libro “Dry Kiln Operator’s Manual” (181) se describen las simbologías y la forma de utilizar cada programa de secado. Así mismo, se encuentra información al respecto en las siguientes publicaciones:

- Manual del Grupo Andino para Secado de Maderas (Simpson, 1981);
- Dry Kiln Schedules for Commercial Woods Temperate and Tropical (Boone & al., 1988);
- Kiln Operator’s Handbook (Stevens & Pratt, 1952);
- Fichas técnicas de maderas comerciales, CIRAD-Forêt (2009);

- Handbook of Hardwoods (Farmer, 1988);
- Method to estimate dry-kiln schedules and species groupings (Simpson, 1996).

Durabilidad natural

La durabilidad natural de la madera define su capacidad de resistir la degradación y/o deterioro causado por una gama de agentes biológicos, climáticos y químicos (Cartwright & Findlay, 1958; Zabel & Morrell, 1992). En la mayoría de especies, el duramen presenta mayor durabilidad que la albura, debido a la presencia de sustancias extraíbles tóxicas exclusivas del duramen (Bowyer & al., 2003).

Para los propósitos de este documento se considera la durabilidad natural de la madera de duramen frente a los hongos, organismos capaces ocasionar la pudrición de la misma. También, en algunos casos se describe la resistencia natural de la madera a sufrir deterioro por taladradores marinos y por insectos como las termitas.

Los datos de resistencia natural a la pudrición se detallan de acuerdo a las categorías descritas por las normas ASTM D 2017-05 (ASTM, 2007) y EN 350-1 (CEN, 1994). La resistencia a termitas y taladradores marinos se define en términos de resistente, poco resistente o susceptible.

Clase de resistencia	Pérdida de masa (%)
Altamente resistente	0 a 10
Resistente	11 a 24
Moderadamente resistente	25 a 44
Poco resistente	45 o superior

Tabla 2. Categorías de resistencia natural frente a hongos de pudrición con base en la pérdida de masa de los especímenes de acuerdo con la norma ASTM D 2017-05.

Clase de resistencia	Categoría de resistencia	Pérdida de masa (%)
1	Muy durable	$0 \leq 5$
2	Durable	$5 \leq 10$
3	Moderadamente durable	$10 \leq 20$
4	Poco durable	$20 \geq 30$
5	No durable	> 30

Tabla 3. Categorías de resistencia natural a hongos de pudrición con base en la pérdida de peso de los especímenes, de acuerdo a la norma EN 350-1.

Imágenes

Las imágenes de la sección transversal (aumento aprox. 12x) y de las superficies (tamaño natural) se han incluido en las fichas con dos propósitos principales:

1. Proporcionarle al usuario interesado, mediante la imagen de la superficie, una idea de la apariencia (color, veteado) de la madera en cuestión. Le ayudará, por ejemplo, en la selección de posibles sustitutos para una madera tradicional que se volvió escasa y/o muy cara, por ejemplo el posible uso del Frijolillo (*Cojoba arborea*) en lugar de la caoba (*Swietenia macrophylla*) considerando sólo la estética de su apariencia (Fig. 10), no únicamente sus propiedades biológicas, físicas y mecánicas.
Darle al usuario interesado la posibilidad de entrenarse en algunos aspectos básicos de identificación macroscópica de la madera. Por ejemplo, distinguir



Figura 10. Comparación de las superficies de frijolillo (izquierda) y caoba (derecha) considerando color y veteado.

- entre maderas de coníferas (“madera suave”) y latifoliadas (“madera dura”) mediante observación con lupa en superficies transversales lisas, cortadas con una navaja de corte. Los dos grupos de maderas muestran estructuras muy diferentes lo que se manifiesta principalmente en que las latifoliadas poseen poros (vasos) y las coníferas no (Fig. 11).

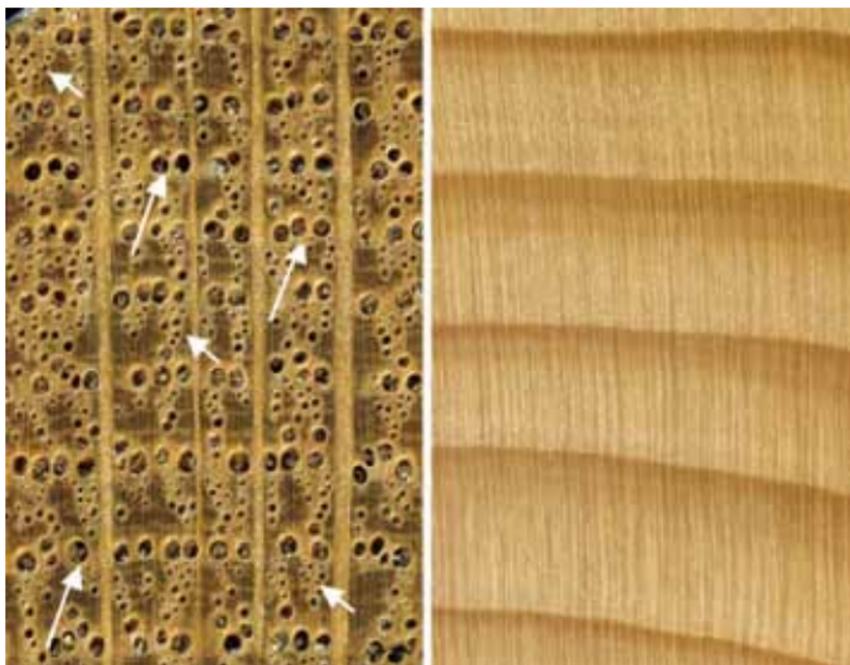


Figura 11. Madera latifoliada (encino rojo americano, izquierda) con numerosos poros grandes (madera temprana, flechas largas) y pequeños (madera tardía, flechas cortas) comparada con una madera conífera (oyamel, derecha) sin poros.

En un próximo paso, las imágenes macroscópicas le permiten al usuario distinguir entre las maderas de coníferas dos subgrupos: maderas sin y con canales resiníferos (Fig. 12). El primero incluye, por ejemplo, los Oyameles (género *Abies*), los cipreses (género *Cupressus*), los sabinos (género *Taxodium*) y el redwood (*Sequoia sempervirens*). El segundo incluye, por ejemplo, los pinos (género *Pinus*), los abetos (género *Picea*) y el abeto Douglas (*Pseudotsuga menziesii*).

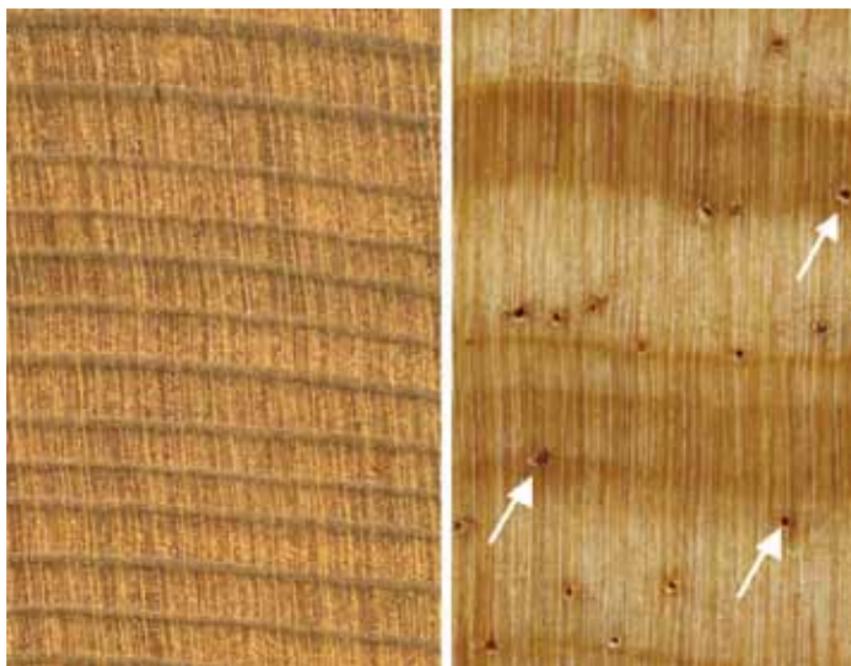


Figura 12. Comparación de una madera conífera sin (redwood, izquierda) y con canales resiníferos (pino, derecha).

En el grupo de las maderas latifoliadas, los patrones de estructura macroscópica y los caracteres a observar son mucho más variables. Entre los principales, visibles macroscópicamente en una sección transversal, se destacan la distribución de los poros (vasos), por ejemplo en porosidad anular como en el paraíso (*Melia azedarach*) y otras maderas de procedencia de zonas de clima templado, versus en porosidad difusa como en el habillo (*Hura polyandra*), madera de zonas subtropical y tropical (Fig. 13).

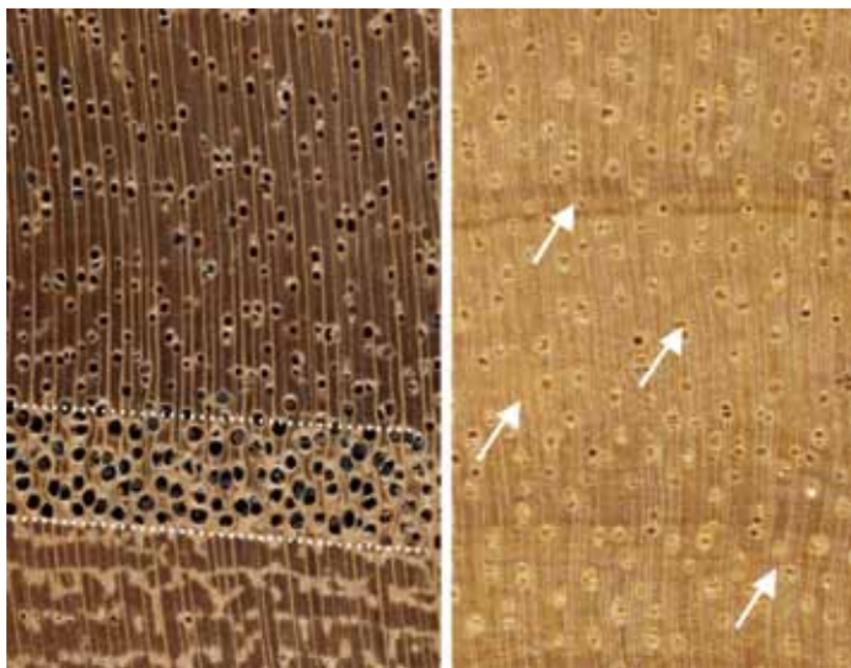


Figura 13. Poros grandes (madera temprana) formando un anillo distinto (entre líneas punteadas) demarcando el límite de anillo de crecimiento en madera de paraíso (izquierda). Poros del mismo tamaño distribuidos uniformemente (patrón difuso) sobre la superficie transversal en madera del habillo (derecha)

El **parénquima axial** es otro tejido accesible para la observación macroscópica en muchas maderas latifoliadas procedentes de climas subtropical y tropical. Ocurre en algunos tipos básicos y numerosas formas intermediarias y se destaca generalmente por su color más claro sobre el fondo más oscuro de la superficie transversal. La figura 14 muestra dos tipos comunes, el parénquima axial asociado con los poros formando halos de contorno circular a oval o también en forma de rombo, por ejemplo en la madera de parota (*Enterolobium cyclocarpum*), y el parénquima axial en bandas tangenciales, por ejemplo en la madera de machiche (*Lonchocarpus castilloi*).

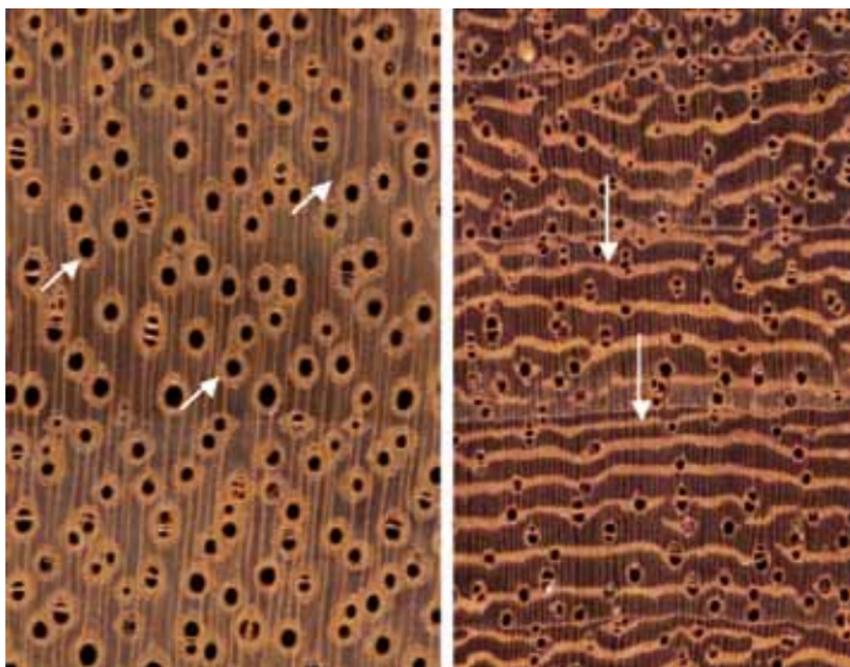


Figura 14. Parénquima axial asociado con los poros en forma de un halo en la madera de parota (izquierda) y en forma de bandas tangenciales en la madera del machiche (derecha).

Los radios son las únicas estructuras en la madera de orientación horizontal o sea, su curso es perpendicular al hilo o eje principal del tronco. Se extienden desde el centro hacia la periferia en el sentido radial. En la sección transversal se les observa como líneas paralelas de anchos variables, orientadas perpendicularmente a los límites de los anillos de crecimiento. En la gran mayoría de las maderas los radios son finos y bajos, con poco valor diagnóstico. Sin embargo, algunas maderas latifoliadas poseen radios excesivamente anchos y altos como, por ejemplo, todos los encinos (*Quercus* spp.). Es precisamente, la presencia de los radios grandes, los que le dan a las tres superficies una apariencia muy especial, principalmente a la radial, imprimiéndoles el llamado "espejuelo" o "grano plateado", casi exclusivo de los encinos y de gran valor, tanto diagnóstico, como comercial en ebanistería. En la figura 15 se puede apreciar cómo se presentan los radios grandes de un encino en la sección transversal (bandas anchas de color más claro) y las superficies longitudinales tangencial (formas verticales husiformes de color más oscuro y de varios centímetros de altura), y radial (fajas altas horizontales).



Figura 15. Radios excesivamente grandes de la madera de un encino (*Quercus durifolia*) con su característica apariencia en las secciones transversal (aumento aprox. 12x), tangencial y radial (tamaño natural).

AGUACATE

Persea americana Mill., familia Lauraceae



DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: México y Centroamérica, Caribe; cultivado mundialmente.



OTROS NOMBRES: Ahuacatl, tichi (MX); abacate (BR); avocatier (FR); avocado (comercio internacional).



ESTATUS PROTECCIÓN CITES: No protegido.



ANTECEDENTES: La madera del aguacate es un producto secundario del cultivo del fruto, resultado de tratamientos de podas, aclareos y sustituciones de árboles en las huertas. Constituye una materia prima disponible anualmente en considerables cantidades que no ha recibido la atención necesaria, principalmente por falta de una estrategia adecuada para su aprovechamiento industrial la cual involucra la colecta de la materia prima, el transporte, el procesamiento primario y secundario, y productos diseñados en función de sus dimensiones cortas, propiedades estéticas, biológicas y físico-mecánicas.



CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA: Albura de color café claro rosado, generalmente no diferenciada del duramen de color café rosado, con veteado poco pronunciado en las caras tangenciales. Anillos de crecimiento débilmente marcados. Hilo recto a entrecruzado y frecuentemente irregular, textura fina a media, superficie poco lustrosa; madera seca sin olor o sabor característico.



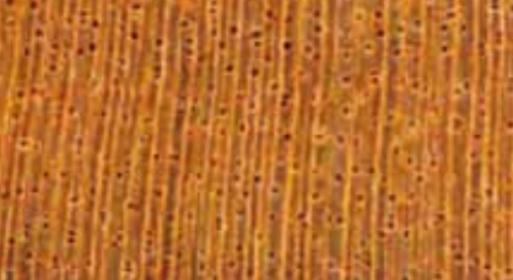
TRABAJABILIDAD: Madera de peso bajo a mediano y de estructura homogénea; excelente para trabajar con herramientas manuales así como en las diferentes operaciones de maquinado excepto el cepillado y lijado de superficies presentando madera de reacción. Ofrece un buen acabado y un alto pulimento. Madera fácil de entintar, laquear y pegar. Su clavado y atornillado no requiere taladrado previo.



SECADO: La madera de un secado moderadamente rápido al aire libre, con tendencia a agrietarse en los extremos, sobre todo con material de espesor mayor de 2.5 cm. No hay información sobre su comportamiento bajo condiciones del secado técnico. Basándose en la estructura anatómica y la densidad se recomienda programas moderadamente rápidos como son los programas C o D (Reino Unido) para tablas de hasta 3.5 cm de espesor, y E para material de espesores mayores.



DURABILIDAD NATURAL: Madera no resistente al ataque de hongos xilófagos de pudrición blanca y café (corresponde a clase V según DIN EN 350-2).



Cara transversal, aumento aprox. 12x



Cara tangencial, tamaño natural



USOS ACTUALES: Empaques, artesanía en general, diversos elementos utilizados en la manufactura de instrumentos musicales, muebles rústicos y carpintería en general.



USOS POTENCIALES: Tableros enlistonados para la manufactura de marcos y jambas de puertas interiores, cajones, estantes, closets y muebles en general, gabinetes de cocina y cascos para muebles tapizados; pulpa y papel

Propiedades físicas	
Peso verde [kg/m ³]	~ 800
Densidad seca al aire CH ₁₂₋₁₅ [g/cm ³]	0.45—0.54—0.63
Contracción	Total* Normal**
radial [%]	2.6 1.1
tangencial [%]	5.8 2.7
Hinchamiento diferencial [%/%]	radial: 0.13 tangencial: 0.27
Estabilidad dimensional	regular
Propiedades mecánicas	
Resistencia a compresión paralela CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	23—35—47
Resistencia a flexión CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	60—73—92
Módulo de elasticidad (flexión) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	4300—5900—8200
Resistencia al impacto CH ₁₂₋₁₅ [kJ/m ²]	25—42—63
Cizallamiento CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	7.2—9.5—17.7
Dureza JANKA (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [kN]	1.8—4.4—10.8
Dureza BRINELL (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	13—21—41

*verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

AILE

Alnus acuminata Kunth, *A. jorullensis* Kunth
(incl. *A. firmifolia*), familia Betulaceae



DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: México, Centroamérica (*A. jorullensis*) y hasta el norte de Argentina (*A. acuminata*).



OTROS NOMBRES: Elite, palo de águila (MX); aliso (comercio Centroamérica y América del Sur), jaúl (CR); Andean alder (GB, NZ); Andenerle (DE).



ESTATUS PROTECCIÓN CITES: No protegido.



ANTECEDENTES: El aile, a pesar de sus dimensiones generalmente pequeñas, es una madera atractiva y buena para trabajar. En Europa (*Alnus glutinosa*) y los EUA (*A. rubra*), los ailes más importantes se encuentran entre las maderas más demandadas y apreciadas principalmente para carpintería de obra interior (closets, muebles de cocina, libreros, etc.) gracias a su apariencia externa (color, vetado), su excelente trabajabilidad y buena estabilidad dimensional. Como no hay diferencias apreciables entre los ailes que crecen en los diferentes continentes un aprovechamiento más amplio e inteligente de esta madera en América Latina constituye una tarea de primer orden.



CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA: Madera de color café rosáceo claro, sin diferencia notable entre albura y duramen, raramente con vetas café rojizo (radios compuestos altos y anchos); anillos de crecimiento bien definidos; hilo recto; vetado de suave e pronunciado, sobre todo en el corte tangencial debido a lo marcado de los anillos de crecimiento; textura fina a mediana, olor y sabor no apreciables.



TRABAJABILIDAD: Madera liviana y homogénea que presenta muy buena trabajabilidad con herramientas manuales y en todas las operaciones de maquinado. Ofrece un excelente acabado y un alto pulimento; fácil de laquear y pegar. Acepta y retiene bien los clavos y tornillos.



SECADO: La madera seca rápido y fácilmente al aire libre, con poca tendencia a agrietarse y deformarse. El secado técnico se lleva a cabo en tiempo relativamente rápido. Requiere programa moderado, tal como el programa H (Reino Unido) o el T10-D4S y T8-D3S (Estados Unidos)



DURABILIDAD NATURAL: Madera muy susceptible al ataque de hongos (clase V según DIN EN 350-2) por lo que requiere ser secada rápidamente después de aserrarse. Madera no resistente al ataque de insectos ni a taladradores marinos.



USOS: Principalmente para usos en interiores tales como carpintería de obra (muebles, elementos no estructurales para interiores como son entrepaños,



Cara transversal, aumento aprox. 12x

Cara tangencial, tamaño natural

cubre cantos, barandales de escaleras, molduras y lambrines), tableros enlistonados, chapas decorativas, paneles, talla, empaques finos, artesanías, torneados, instrumentos musicales, artículos de cocina (recipientes, tablas de picar, cucharas, etc.).



SUSTITUCIÓN: El aile puede sustituir a varias maderas de color castaño rojizo claro y de peso liviano, la mayoría de ellas importadas tales como el sandé (*Brosimum utile*), el banak (*Virola spp.*), el aile americano (*Alnus rubra*) y otras más.

Propiedades físicas	
Peso verde [kg/m ³]	600—800—1000
Densidad seca al aire CH ₁₂₋₁₅ [g/cm ³]	0.40—0.56—0.64
Contracción	Total* Normal**
radial [%]	3.8—4.5 1.8—2.2
tangencial [%]	6.0—7.7 3.3—4.5
Hinchamiento diferencial [%/%]	radial: 0.15—0.17 tangencial: 0.24—0.30
Estabilidad dimensional	buena a regular
Propiedades mecánicas	
Resistencia a compresión paralela CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	38—47—51
Resistencia a flexión CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	70—92—108
Módulo de elasticidad (flexión) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	8500—11400—13000
Resistencia al impacto CH ₁₂₋₁₅ [kJ/m ²]	26—67—141
Cizallamiento CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	8.0—10.0—12.0
Dureza JANKA (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [kN]	4.4—7
Dureza BRINELL (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	21—29

*verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

AMARGOSO

Vatairea lundellii (Standl.) Killip ex
Record, familia Fabaceae-Faboideae



DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: Sur de México y Centroamérica hasta Panamá.



OTROS NOMBRES: Canyultilté, picho, sacacera, tincó (MX); bitter angelim (NI); coralillo, bitterwood, amargo (PA); danto, frijolillo, medallo, palo overo, p. de zope (GT); amargoso cucaracho (HN); amargo, cocobolo de San Carlos, guayabón (CR); faveira amargosa, amargo-amargo (BR).



ESTATUS PROTECCIÓN CITES: No protegido.



ANTECEDENTES: El amargoso es la única de aproximadamente ocho especies del género *Vatairea* que ocurren en México. Se trata de árboles de tronco recto y esbelto que alcanzan alturas de 30 a 40 m y diámetros a altura de pecho de hasta 100 cm. El principio amargo que tienen la corteza y madera es empleado en la medicina casera. No obstante de poseer propiedades biológicas, estéticas y tecnológicas sobresalientes, la madera es poco conocida en los mercados nacional e internacional.



CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA: Recién cortado el duramen tiene un color amarillo brillante, oscureciéndose con la exposición a un color medio café algo anaranjado u olivo, con jaspeaduras blancas; bien diferenciado de la albura de color café claro amarillento. Límites de anillos de crecimiento poco marcados a indistintos. Veteado pronunciado, textura gruesa, hilo entrecruzado. Olor indistinto, sabor fuertemente amargo.



TRABAJABILIDAD: Madera moderada a pobre para cepillar y tornear, fácil de barrenar, buena para moldurar y excelente para escoplear, aunque el efecto de desafilado es moderadamente alto. Acepta y retiene bien los clavos y tornillos, sin embargo, se recomienda perforar antes de clavar o atornillar. Responde bien al encolado y al uso de ajustadores. Permite un excelente acabado, de preferencia con lacas transparentes para conservar el veteado y color natural.



ADVERTENCIA: El polvo que se genera durante su trabajado puede causar irritaciones de la piel y de las mucosidades de personas susceptibles, por lo cual se necesita utilizar equipo protector (extractor, cubreboca).



SECADO: Madera reportada con tiempos moderados al ser secada al aire libre, presentando muy leves defectos a distorsiones y agrietamientos. El secado técnico se lleva a cabo en tiempo moderado, requiere programas suaves con alta carga de vapor, por ejemplo los programas (US) T5-D3 para material de 1" y T3-D2 para material de 2".



Cara transversal, aumento aprox. 12x



Cara tangencial (centro) y radial (derecha), tamaño natural



DURABILIDAD NATURAL: Madera de resistente a moderadamente resistente a los hongos de pudrición (clases 2 y 3 según ASTM D 2017-5; clase 3 según EN 350-2). Moderadamente resistente al ataque de termitas, susceptible a los taladradores marinos (clase S según EN 350-2).



Usos: Componentes estructurales (interior y exterior) para carga media a pesada, marcos de puertas y ventanas, pisos (duelas y parquet), cubiertas de terrazas, revestimientos exteriores, carpintería general, elementos para muebles y gabinetes finos, chapas rebanadas decorativas.

Propiedades físicas		
Peso verde [kg/m ³]	900—1000	
Densidad seca al aire CH ₁₂₋₁₅ [g/cm ³]	0.67—0.80	
Contracción	Total*	Normal**
radial [%]	3.4—4.8	1.1—2.0
tangencial [%]	7.2—9.6	2.1—5.1
Hinchamiento diferencial [%/%]	radial: 0.19 tangencial: 0.30	
Estabilidad dimensional	regular	
Propiedades mecánicas		
Resistencia a compresión paralela CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	39—62	
Resistencia a flexión CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	100—123	
Módulo de elasticidad (flexión) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	11600—15600	
Resistencia al impacto CH ₁₂₋₁₅ [kJ/m ²]	~63 ***	
Cizallamiento CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	10—12	
Dureza JANKA (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [kN]	4.9—7.2	
Dureza BRINELL (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	23—30	

*verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad; ***valor determinado en estado verde (fuente bibliográfica 16)

BALSA

Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urban (sinónimo: *Ochroma lagopus* Sw.), familia Bombacaceae.



DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: Sureste de México, Centroamérica, Caribe y América del Sur hasta Paraguay.



OTROS NOMBRES: Corcho, jonote real, maho, jubiguy, jopi, mo-ma-ah, pata de liebre, pomoy (MX); balso, lano, tucumo (CO); topa, huampo (PE); lano, palo de lana, tapar'gua (VE); tami (BO); pau de balsa (BR); palo de balsa (EC); enea, pin uru, piu, pung, nisperillo (CR); algodón (SV); lanilla, tambor, puh (GT); lana, puero (PA); guano (BZ, HN); gatillo, polak (NI); bois flot (HT, JM).



ESTATUS PROTECCIÓN CITES: No protegido.



ANTECEDENTES: La balsa es una especie pionera de rápido crecimiento (17-30 m³/ha/año); los árboles alcanzan hasta 30 m de altura y 40 cm de diámetro a altura del pecho. Proporciona una de las poquísimas maderas que reúnen un peso extremadamente bajo (una tonelada tiene aproximadamente 6.50 m³) con una resistencia mecánica relativamente alta, por lo cual es considerada un material muy eficiente para trabajos de aeromodelismo, flotación y aislamiento. Una gran parte de la madera comercializada mundialmente proviene de extensas plantaciones en el Ecuador, de donde se exporta más de 11.000 toneladas (un 90% de la cosecha total) anualmente a un precio arriba de los US\$ 2.000 por metro cúbico.



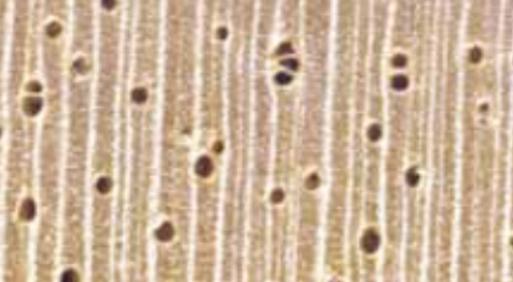
CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA: Duramen de color café pálido con matiz rosado, poco diferenciado de la albura de color blanquizco sucio. Límites de anillo de crecimiento apenas visibles a simple vista. Veteado suave, textura media a gruesa, hilo generalmente recto a ocasionalmente entrecruzado. Madera seca sin olor característico.



TRABAJABILIDAD: Debido a su densidad extremadamente baja, la madera es algo difícil de trabajar con herramientas de mano convencionales o maquinaria. Requiere herramientas muy bien afiladas para evitar que la madera se desgarre cuando es cortada transversalmente y se generen superficies lanosas al cepillarse. Permite clavarse y atornillarse fácilmente pero las uniones son frágiles. Las mejores uniones se obtienen con el encolado. Permite un buen acabado, sin embargo debido a su alta porosidad absorbe mayores cantidades de sellador, fondo, laca, barniz en comparación con las maderas de densidad más alta.



SECADO: A pesar de ser una madera de baja densidad y relativamente fácil de secar al aire libre, se recomienda emplear el método de secado técnico-



Cara transversal, aumento aprox. 12x



Cara tangencial, tamaño natural

convencional para reducir alabeos y rajaduras. Los programas (US) de secado propuestos son el T10-D4S para 1" y el T8-D3S para 2".



DURABILIDAD NATURAL: Madera no resistente a los hongos de pudrición (clase 4 según ASTM D 2017-5; clase V según EN-350-2). Susceptible al ataque de termitas y barrenadores; muy susceptible a los hongos manchadores.



Usos: Material aislante acústico, eléctrico y térmico, boyas, flotadores, equipos salvavidas, aeromodelismo, maquetas, manualidades, artesanía, juguetes (aviones).

Propiedades físicas	
Peso verde [kg/m ³]	~ 600
Densidad seca al aire CH ₁₂₋₁₅ [g/cm ³]	0.10—0.20—0.40
Contracción	Total* Normal**
radial [%]	1.8—3.0 1.6—1.8
tangencial [%]	3.5—5.4 2.9—4.3
Hinchamiento diferencial [%/%]	radial: 0.06—0.11 tangencial: : 0.15—0.22
Estabilidad dimensional	buena a regular
Propiedades mecánicas	
Resistencia a compresión paralela CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	9—15—27
Resistencia a flexión CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	15—24—39
Módulo de elasticidad (flexión) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	2200—4400—6000
Resistencia al impacto CH ₁₂₋₁₅ [kJ/m ²]	2—4
Cizallamiento CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	1.0—2.3
Dureza JANKA (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [kN]	0.5—1.0
Dureza BRINELL (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	2—3—5

*verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

BÁLSAMO

Myroxylon balsamum (L.) Harms, familia Fabaceae-Faboideae



DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: México, Centroamérica, América Sur hasta Argentina.



OTROS NOMBRES: Cedro chino, nabá (MX); chirraco, sándalo (CR); quina morada (VE); estoraque, quina quina (PE); incienso (AR, PY); quina, palo treból (BO); sándalo (EC); bálsamo de tolú, olor, tacho, tolu (CO); cabreúva, c. vermelha, pau de bálsamo, óleo vermelho (BR); incienso, quina (AR); "Santos magogany" (US).



ESTATUS PROTECCIÓN CITES: No protegido.



ANTECEDENTES: El bálsamo es una especie de muy amplia distribución en el continente americano, desde el sur de México hasta Argentina. El árbol tiene un tronco recto y alcanza alturas hasta 45 m y diámetros a altura del pecho hasta de 100 cm. Esta y otra especie muy similar (*M. peruiferum*) se utilizan en sistemas agro-forestales, además son altamente apreciadas, tanto por la calidad de su madera como por el bálsamo que se extrae de la corteza, al cual se le atribuyen propiedades medicinales y aplicaciones en perfumería, cosméticos y jabones, entre muchas otras. El nombre de bálsamo de Perú es debido a que los españoles desde el siglo XVI lo enviaban de las varias regiones de cosecha a Perú para su embarcación a España.



CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA: Duramen de color café rojizo en estado verde, cambiando para café oscuro con matiz morado bajo exposición; con transición abrupta a la albura de color amarillo pálido. Límites de anillos de crecimiento generalmente indistintos. Veteado suave a semi-pronunciado, textura media, hilo fuertemente entrecruzado. Madera seca sin olor característico.



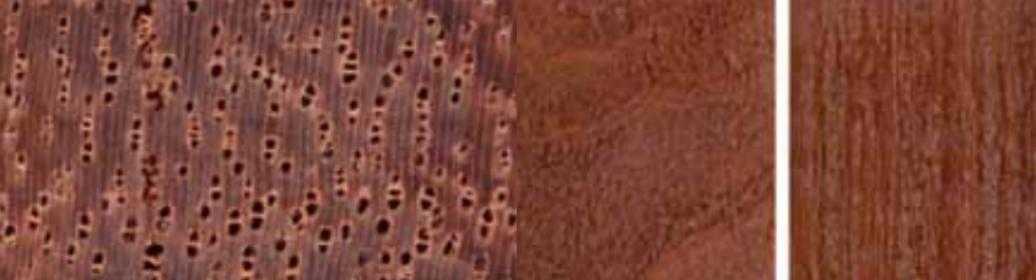
TRABAJABILIDAD: Madera que por su alta densidad es difícil de trabajar; cepillado, taladrado, torneado y moldurado con superficies de calidad muy pobre. Los filos de las herramientas se acaban rápidamente, por lo que se recomienda herramientas de carburo de tungsteno. Para el calavado y atornillado se requiere perforar la madera antes de la unión. Permite buenos acabados.



SECADO: El secado al aire libre se lleva a cabo muy lentamente y con mínimas deformaciones. Para el secado técnico convencional se recomienda secuelas suaves, tales como el programa F del Reino Unido.



DURABILIDAD NATURAL: Duramen con la reputación de ser altamente resistente (corresponde a clase 1 según ASTM D 2017-5 y clase I según EN 350-2) a los hongos de pudrición y al ataque de insectos.



Cara transversal, aumento aprox. 12x

Caras tangencial (centro) y radial (izquierda), tamaño natural



Usos: Construcciones pesadas interiores y exteriores, pisos (duelas, parquet), pisos industriales con tráfico pesado, pasos de escalera, chapas decorativas rebanadas, ebanistería, tacos de billar, artesanías.

Propiedades físicas		
Peso verde [kg/m ³]	~ 1200	
Densidad seca al aire CH ₁₂₋₁₅ [g/cm ³]	0.87—1.00	
Contracción	Total*	Normal**
radial [%]	3.8—5.5	1.3—2.0
tangencial [%]	6.2—7.2	1.9—3.6
Hinchamiento diferencial [%/%]	radial: — tangencial: —	
Estabilidad dimensional	buena a regular	
Propiedades mecánicas		
Resistencia a compresión paralela CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	71—98	
Resistencia a flexión CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	132—180	
Módulo de elasticidad (flexión) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	13000—19200	
Resistencia al impacto CH ₁₂₋₁₅ [kJ/m ²]	136—180***	
Cizallamiento CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	16—20	
Dureza JANKA (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [kN]	10—14	
Dureza BRINELL (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	38—50	

*verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad; ***valores estimados con base en la densidad seca al aire (CH₁₂₋₁₅)

BARCINO

Cordia elaeagnoides DC.,
familia Boraginaceae.



DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: México, endémica en la vertiente del Pacífico (Jalisco hasta Oaxaca y Chiapas, incluyendo la cuenca del Río Balsas).



OTROS NOMBRES: Bocote, cuéramo, ocotillo, ocotillo meco, bojote, getaña, grisiño, güeramo (MX).



ESTATUS PROTECCIÓN CITES: No protegido.



ANTECEDENTES: El barcino es una de las maderas comerciales más importantes de las más de 200 especies correspondientes a este género. Árbol de fuste recto, de hasta 20 m de altura y diámetros a altura de pecho de 30 cm. Se trata de una especie endémica de México de gran importancia ecológica y económica. Su madera es de las más duras y pesadas del género y presenta un color y veteado muy atractivo.



CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA: Duramen de color café con tintes anaranjados, después de un tiempo a la exposición se vuelve café oscuro; muestra fajas o bandas irregulares de color más claro, alternadas al azar. Transición abrupta a la albura de color blanco cremoso. Límites de anillos de crecimiento inconspicuos que pueden confundirse con las bandas más pigmentadas. Veteado muy acentuado con agradables contrastes de color. Textura media a fina, hilo recto a entrecruzado, madera seca sin olor distintivo.



TRABAJABILIDAD: Madera homogénea y muy dura que es difícil de trabajar con herramientas de mano y maquinaria. Para obtener buenos resultados se recomienda el uso de herramientas provistas de carburo de tungsteno o estelita. De excelente comportamiento al escopleado y moldurado, buen comportamiento al barrenado, probablemente algo difícil de encolar. Para clavar y atornillar es imprescindible perforarla previamente. La madera posee un lustre propio, por lo que no requiere acabados posteriores.



SECADO: No se encontró información bibliográfica con respecto a su comportamiento frente al secado. Sin embargo, es de esperarse que por su elevada densidad y el bloqueo parcial de los vasos como conductos principales del movimiento de agua y vapor sus tiempos de secado al aire libre sean lentos y con algo de riesgo de agrietarse y deformarse. Para el secado técnico se recomienda utilizar un programa suave, tendientes a los utilizados por la madera de encinos mexicanos.



DURABILIDAD NATURAL: Duramen resistente a moderadamente resistente a los hongos de pudrición (clases 2 y 3 según ASTM D 2017-71).



Cara transversal, aumento aprox. 12x

Caras tangencial (izquierda) y radial (derecha), tamaño natural



Usos: Pisos (parquet tipo mosaico); chapas decorativas rebanadas, muebles finos, ebanistería, artículos artesanales variados, torneados y tallados.

Propiedades físicas	
Peso verde [kg/m ³]	850—1150
Densidad seca al aire CH ₁₂₋₁₅ [g/cm ³]	0.83—0.94—1.15
Contracción	Total* Normal**
radial [%]	~ 5.0 ~ 1.8
tangencial [%]	~ 8.1 ~ 3.3
Hinchamiento diferencial [%/%]	radial: 0.25 tangencial: 0.42
Estabilidad dimensional	buena
Propiedades mecánicas	
Resistencia a compresión paralela CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	76—92
Resistencia a flexión CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	112—147
Módulo de elasticidad (flexión) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	12000—16000
Resistencia al impacto CH ₁₂₋₁₅ [kJ/m ²]	54—75—96
Cizallamiento CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	16—18
Dureza JANKA (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [kN]	15—25
Dureza BRINELL (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	55—85

*verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

BOJÓN

Cordia alliodora (Ruiz & Pavón) Oken,
familia Boraginaceae



DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: Región Caribe, México, Centroamérica, América del Sur (Venezuela a Argentina).



OTROS NOMBRES: Aguardientillo, amapá prieta, bojón prieto, botoncillo, hormiguero, laurel, pajarito prieto, palo de rosa, p. de viga, rosadillo, solerillo, hormiguero, suchicuahua (MX); canaleta (CO, VE); nogal cafetero, pardillo, molinillo (CO); freijó branco, louro amarelo, l. alho, pau cachorro, uruá, uruazeiro (BR); ajo-ajo (CO, EC, PE); capá, c. prieto (PR); salmwood (BZ, GB); laurel (cAm); laurel blanco, cuájar (VE).



ESTATUS PROTECCIÓN CITES: No protegido.



ANTECEDENTES: El bojón es una especie que se desarrolla de manera natural desde México hasta Argentina bajo condiciones ecológicas desde muy húmedas hasta estacionales secas. En Latinoamérica es el árbol más comúnmente plantado para dar sombra a las plantaciones de café y posterior aprovechamiento de la madera. Esta tiene buenas propiedades biológicas y tecnológicas que favorecen su uso para diversas manufacturas. La madera oscura del duramen asemeja la del nogal (*Juglans spp.*) y es preferida para ebanistería, por lo que es considerada una de las especies de mayor potencial económico en las regiones donde se desarrolla. La madera muestra una alta variación de propiedades conforme condiciones climáticas de crecimiento y manejo silvícola.



CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA: Duramen de color café marrón a café amarillento o pardo y frecuentemente con vetas oscuras, con transición gradual a la albura de color amarillento a café claro. Límites de zonas de crecimiento ausentes o inconspicuos, indicados por bandas marginales de parénquima axial. Veteado suave a acentuado, textura media, hilo de recto a entrecruzado. Madera seca sin olor distintivo.



TRABAJABILIDAD: Madera fácil de trabajar, tanto con herramientas manuales como con maquinaria convencional. Buena al aserrado, cepillado, escopleado, taladrado y lijado; puede moldurarse pero la calidad de superficie puede resultar de baja calidad; de buen comportamiento al clavado y atornillado y de buena resistencia al rajado. Fácil de encolar y permite acabados lisos.



SECADO: La velocidad de secado de esta madera es moderada, presenta leves grietas y deformaciones al ser secada al aire libre. Para su secado técnico convencional, se recomienda utilizar los programas (US) T6-D2 para madera de 1" y el T3-D1 para 2".



Cara transversal, aumento aprox. 12x

Cara tangencial, tamaño natural



DURABILIDAD NATURAL: Empíricamente es considerada una madera moderadamente durable con respecto a hongos de pudrición y el ataque de termitas, y muy susceptible al ataque de taladradores marinos. Sin embargo, ensayos de laboratorio han indicado que el duramen es poco resistente a los hongos de pudrición (clase 4 según ASTM D 2017-5; clase IV-V según EN 350-2).



Usos: Muebles finos; marcos de puertas y ventanas, elementos estructurales no sometidos a altas cargas, pisos en habitaciones de tráfico liviano, chapas decorativas, artesanías y juguetes.

Propiedades físicas	
Peso verde [kg/m ³]	890—950
Densidad seca al aire CH ₁₂₋₁₅ [g/cm ³]	0.40—0.53—0.65
Contracción	Total* Normal**
radial [%]	3.1—4.3 1.7—2.2
tangencial [%]	4.6—6.6 4.2—4.5
Hinchamiento diferencial [%/%]	radial: 0.18 tangencial: 0.38
Estabilidad dimensional	buena a regular
Propiedades mecánicas	
Resistencia a compresión paralela CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	27—44
Resistencia a flexión CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	60—84
Módulo de elasticidad (flexión) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	7000—10500
Resistencia al impacto CH ₁₂₋₁₅ [kJ/m ²]	~ 65***
Cizallamiento CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	5.8—7.3
Dureza JANKA (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [kN]	2.4—3.9
Dureza BRINELL (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	15—19

*verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad; ***valor determinado en estado verde (fuente bibliográfica 16)

CAOBA

Swietenia macrophylla King, familia Meliaceae



DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: México, Centroamérica, América del Sur tropical (excepto la cuenca del Río Amazonas).



OTROS NOMBRES: Zopilote (MX); Amerikanisches Mahagoni, Echtes Mahagoni, Honduras-, Tabasco-, Nicaragua-Mahagoni (DE); aguano (PA, PE); orura (VE); araputanga, mogno (BR); sapoton (SR); yulu (NI), crura, mara (BO); acajou d'Amérique (FR), American mahogani, baywood (GB), American mahogany, true mahogany, broadleaf mahogany (US); mahonie (NL).



ESTATUS PROTECCIÓN CITES: Ante el riesgo de su extinción por su excesiva explotación, las especies del género *Swietenia* actualmente se encuentran protegidas en el anexo II de CITES.



ANTECEDENTES: La caoba es una de las maderas más conocidas y apreciadas en el mundo, principalmente por sus características estéticas, propiedades tecnológicas, y durabilidad natural, que han permitido una amplia diversidad de usos y su comercialización prácticamente desde el siglo XVI. Únicamente la madera de *S. macrophylla* está siendo comercializada en cantidades apreciables en los mercados nacional e internacional. Las maderas de las otras dos especies, *S. mahagoni* (región Caribe) y de *S. humilis* (vertiente pacífica desde México hasta Costa Rica) son raras y, por lo tanto, de importancia apenas local. Código acorde EN 13556: SWMC.



CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA: Duramen de color variable desde rosado a café-rojizo oscuro, con matiz dorado y brillo alto; transición gradual a la albura de color rosado o amarillento. Límites de anillos de crecimiento visibles con lupa, marcados por bandas marginales de parénquima axial de color claro. Veteado algo acentuado, textura media, hilo recto a entrecruzado. Madera seca sin olor distintivo.



TRABAJABILIDAD: Madera fácil de trabajar con herramientas manuales y en todas las operaciones de maquinado que resultan en superficies y aristas lisas. Se puede clavar, atornillar, encolar y laquear sin dificultad. Ofrece un excelente acabado con todos los productos naturales y sintéticos. Mediante los procesos de rebanado y desenrollado se producen chapas decorativas de excelente calidad.



SECADO: La caoba es considerada una de las maderas poco refractarias y es relativamente fácil de secar al aire libre y también en estufa, aún moderadamente lenta. Desarrolla pocos defectos serios como agrietamientos y deformaciones. Para el secado técnico se recomiendan los programas (US) T8-D5, T6-D4 para material de 1". El programa T8-D5 y el programa F (GB) es conveniente para un espesor de 1½".



Cara transversal, aumento aprox. 12x

Cara tangencial, tamaño natural



DURABILIDAD NATURAL: Madera de resistente a moderadamente resistente al ataque de hongos de pudrición (clase 1—2 según ASTM D 2017-5; clase II—III según EN 350-2); moderadamente resistente al ataque de termitas; no es resistente a los perforadores marinos.



Usos: Madera de uso múltiple que sirve tanto para aplicaciones exteriores como interiores. Es utilizada principalmente para acabados finos, carpintería artística y de muebles, paneles, revestimientos, partes de pianos y órganos así como artesanía. En Europa y Estados Unidos solía ser una de las maderas más apreciadas para marcos de puertas y ventanas.

Propiedades físicas	
Peso verde [kg/m ³]	900—1000
Densidad seca al aire CH ₁₂₋₁₅ [g/cm ³]	0.47—0.55—0.63
Contracción	Total* Normal**
radial [%]	3.0—3.3 1.3—2.0
tangencial [%]	4.1—5.5 2.1—3.0
Hinchamiento diferencial [%/%]	radial: 0.13—0.16 tangencial: 0.20—0.27
Estabilidad dimensional	muy buena
Propiedades mecánicas	
Resistencia a compresión paralela CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	44—50
Resistencia a flexión CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	79—87
Módulo de elasticidad (flexión) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	8700—10300
Resistencia al impacto CH ₁₂₋₁₅ [kJ/m ²]	36—51—71
Cizallamiento CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	9.0—11
Dureza JANKA (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [kN]	3.6—4.2
Dureza BRINELL (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	18—20

*verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

CAPOMO

Brosimum alicastrum Sw.,

familia Moraceae



DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: México, Centroamérica, Caribe y América del Sur.



OTROS NOMBRES: Capomo, ramón, ojoche (MX), guaimaro (CO), congoña, machinga (PE), tillo (EC), inharé, mururé, muiratinga (BR), masica (HN), breadnut (JA).



ESTATUS PROTECCIÓN CITES: No protegido.



ANTECEDENTES: En México, América Central y el Caribe esta madera proviene de una sola especie (*B. alicastrum*). Sin embargo, la madera importada de América del Sur puede contener material de otras tres especies que pertenecen al grupo "alicastrum" (*B. colombianum*, *B. dugandii*, *B. latifolium*), el cual es vendido bajo el(los) mismo(s) nombre(s) comercial(es). Lo anterior puede implicar ligeras diferencias en apariencia y propiedades de la madera.



CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA: Madera de color uniforme amarillo claro a beige/crema, sin diferencia notable entre albura y duramen. Se forman ocasionalmente cerca de la médula y alrededor de nudos pequeñas áreas de un duramen castaño rojizo oscuro. Anillos de crecimiento débilmente marcados o ausentes; hilo entrecruzado; veteados presentes poco pronunciados; textura fina y compacta, superficie algo lustrosa; sin olor o sabor característico.



TRABAJABILIDAD: Madera pesada, dura y tenaz, algo difícil de trabajar manualmente y en todas las operaciones de maquinado. Debido a su dureza y siendo abrasiva (contenido de sílice de 0.10 a 0.68%) requiere herramientas de filo reforzado y técnicas de corte adecuadas para obtener superficies y cantos de alta calidad. Ofrece un excelente acabado y un alto pulimento; fácil de laquear y pegar. Para clavos y tornillos requiere taladrado previo.



SECADO: Madera difícil de secar al aire libre, con tendencia a deformarse de leve a acentuada. El secado técnico se lleva a cabo en tiempo relativamente corto, requiere un programa moderado tal como el F (Reino Unido) o M (Junta del Acuerdo de Cartagena).



DURABILIDAD NATURAL: Madera moderada a no resistente al ataque de hongos (mancha azul, deterioro) (clase IV-V según DIN EN 350-2). No resistente al ataque de insectos y perforadores marinos.



USOS ACTUALES: Carpintería y ebanistería (muebles finos), marcos de ventanas y puertas, chapas decorativas, paneles, molduras, pisos (parquet de dimensiones pequeñas), mangos de herramientas, artesanía y torneados.



Cara transversal, aumento aprox. 12x



Caras tangencial (derecha) y radial (izquierda), tamaño natural

Propiedades físicas		
Peso verde [kg/m ³]	~ 1200	
Densidad seca al aire CH ₁₂₋₁₅ [g/cm ³]	0.63—0.88	
Contracción	Total*	Normal**
radial [%]	5.0—6.0	~ 1.8
tangencial [%]	8.5—9.5	~ 3.0
Hinchamiento diferencial [%/%]	radial: 0.20 tangencial: 0.26	
Estabilidad dimensional	buena a regular	
Propiedades mecánicas		
Resistencia a compresión paralela CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	51—78	
Resistencia a flexión CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	115—150	
Módulo de elasticidad (flexión) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	12000—16000	
Resistencia al impacto CH ₁₂₋₁₅ [kJ/m ²]	~ 135***	
Cizallamiento CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	12—14	
Dureza JANKA (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [kN]	7—8	
Dureza BRINELL (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	29—32	

*verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad; ***valor determinado en estado verde (fuente bibliográfica 16)

CEDRILLO

Guarea spp., familia Meliaceae

-  **DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA:** Centro y sur de México, Centroamérica, noreste de América del Sur
-  **OTROS NOMBRES:** Quitacalzón, choholonté, palo blanco (MX); trompillo (GT); carbón, marapolán (HN); prontoalivio (HN, NI); mancharro (CO); apae, pitón (EC); requiá (PE)
-  **ESTATUS PROTECCIÓN CITES:** No protegido
-  **ANTECEDENTES:** El cedrillo (*Guarea glabra* de México y Centroamérica y *Guarea grandifolia* desde México hasta el noreste de Brasil y Perú) proviene de estas dos especies arbóreas pertenecientes al género *Guarea* que se desarrollan de manera natural en México. Son árboles de fuste recto que pueden alcanzar 25 a 30 m de altura y diámetros a altura de pecho de 50 a más de 100 cm. Por sus propiedades tecnológicas suelen en ocasiones utilizar su madera como sustituto de la caoba y equipararla con otras especies como la falsa caoba (*Carapa guianensis*) y rosa morada (*Tabebuia rosea*). Los curiosos nombres populares de “quitacalzón” y “prontoalivio” los tienen bien ganado por sus severas propiedades laxantes.
-  **CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA:** Duramen de color rosado o café rojizo a amarillento, con transición gradual a la albura de color rosado pálido. Límites de anillos de crecimiento generalmente indistintos. Veteado suave, textura media y uniforme, hilo recto a ligeramente entrecruzado. En estado verde madera aromática (olor de canela), sin embargo sin olor distinto cuando seca.
-  **TRABAJABILIDAD:** Madera fácil de trabajar con herramientas de mano tanto como de aserrar, cepillar, toronar y barrenar pero pobre para el moldurado. Algo difícil de clavar y atornillar, lo que hace necesario perforar la madera antes de unirlos. Al taladrado tiende a desgarrarse, buena al atornillado. Presenta excelentes acabados y por su belleza natural, el acabado transparente es el más indicado.
-  **SECADO:** Madera que puede ser secada al aire libre a velocidad moderadamente lenta, presentando de moderadas a leves distorsiones y/o agrietamientos, tendiendo a deformarse más la albura que el duramen. Para el secado técnico convencional se recomienda utilizar los programas (US) de secado T6-D2 o T6-D3 para madera de 1” y T3-D1 o T3-D2 para 2”.
-  **DURABILIDAD NATURAL:** Duramen moderadamente resistente al ataque de hongos de pudrición (clase 3 según ASTM D 2017-05); moderadamente



Cara transversal, aumento aprox. 12x

Cara tangencial, tamaño natural

resistente frente a termitas de madera seca; no resistente a los taladradores marinos.



Usos: Muebles finos o partes visibles de estos, marcos laminados de puertas y ventanas, chapas decorativas desenrolladas y rebanadas, carpintera en general, pisos de casas de habitación, peldaños para escaleras y pasamanos.

Propiedades físicas	
Peso verde [kg/m ³]	no hay datos
Densidad seca al aire CH ₁₂₋₁₅ [g/cm ³]	0.53—0.61—0.64
Contracción	Total*
	Normal**
radial [%]	3.9—5.2
tangencial [%]	6.4—8.2
Hinchamiento diferencial [%/%]	radial: 0.20—0.23 tangencial: 0.25—0.28
Estabilidad dimensional	buena
Propiedades mecánicas	
Resistencia a compresión paralela CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	41—64
Resistencia a flexión CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	85—103
Módulo de elasticidad (flexión) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	9800—12800
Resistencia al impacto CH ₁₂₋₁₅ [kJ/m ²]	~ 70.5***
Cizallamiento CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	10—13
Dureza JANKA (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [kN]	3.2—5.0
Dureza BRINELL (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	17—23

*verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad; ***valor determinado en estado verde (fuente bibliográfica 16)

CEDRO

Cedrela spp. (principalmente *C. odorata* L., *C. fissilis* Vell.), familia Meliaceae



DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: Desde México y Centroamérica hasta el norte de Argentina; se encuentra también en las Islas del Caribe



OTROS NOMBRES: Calicedro, cedro colorado, c. rojo, c. oloroso, culché (MX); Central American cedar, Honduras cedar, Nicaragua cedar, Tabasco cedar (US, GB); cedar (JA); aluk (CR); yalam (NI); cedro amargo (VE); cédrat (GF); cedro caoba, c. cebollo (CO); red cedar (AN); cédre rouge (FR); cedro colorado, c. real, c. salteño (AR).



ESTATUS PROTECCIÓN CITES: Ante de la excesiva explotación en algunos países, la especie de *Cedrela odorata* actualmente se encuentra protegida en el ANEXO III de CITES (Colombia, Guatemala, Perú).



ANTECEDENTES: El cedro es un árbol con fuste recto o irregular, de 20 hasta 35 m de altura, con un diámetro a altura de pecho hasta 100 cm. Su madera es una de las más conocidas y apreciadas en el mundo por sus características estéticas, propiedades tecnológicas, y durabilidad natural, que ha estado en el comercio local e internacional por varios cientos de años. Fueron los exploradores españoles los que usaron por primera vez el nombre de cedro para esta especie por el olor aromático de su madera como una asociación que se le hacía con el cedro (*Cedrus spp.*) del Viejo Mundo. Código acorde EN 13556: CEXX.



CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA: Albura de color rosado claro o amarillento-blanquecino, con transición gradual a duramen de color castaño rojizo claro a oscuro; anillos de crecimiento marcados. Hilo usualmente recto y en ocasiones entrecruzado, textura mediana a gruesa, veteado de mediano a acentuado. Madera seca con olor característico (fragancia aromática agradable).



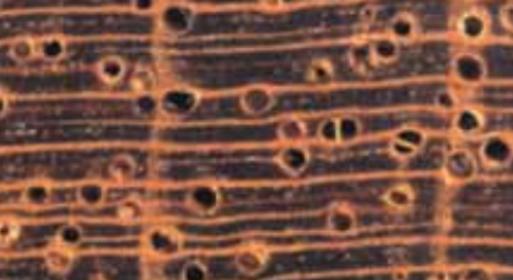
TRABAJABILIDAD: Madera liviana, fácil de trabajar con herramientas manuales y en todas las operaciones de maquinado. Ofrece un buen acabado y un alto pulimento después de sellada la superficie; fácil de laquear y pegar; acepta y retiene bien los clavos y tornillos.



SECADO: La madera seca rápido y fácilmente al aire libre, con poca tendencia a agrietarse y deformarse. El secado técnico se lleva a cabo en tiempo relativamente rápido, requiere programa moderado tal como el programa H (Reino Unido) o el T10-D4S (1") y T8-D3S (2") (Estados Unidos).



DURABILIDAD NATURAL: Duramen resistente a moderadamente resistente al ataque de hongos e insectos (clase II-III según DIN EN 350-2). Poco resistente a los perforadores marinos, y rara vez atacada por termitas.



Cara transversal, aumento aprox. 12x

Caras tangencial (centro) y radial (derecha), tamaño natural



USOS ACTUALES: Carpintería, ebanistería, chapas desenrolladas (triplay), chapas rebanadas decorativas, paneles, talla, puertas y ventanas, cajas especiales para empaçar y guardar puros, empaques finos, artesanía y torneados.



OBSERVACIONES: La madera seca y en uso puede ocasionalmente exudar una goma que interfiere con el acabado lo cual ocasiona una desvalorización grave del producto elaborado. No se conocen las causas de este fenómeno ni se pueden tomar medidas de prevención. Nombres comerciales tales como 'cedrillo', 'cedro claro', 'cedro rana', 'cedro macho', etc. se utilizan para maderas de apariencia similar, sin embargo, poseen propiedades físicas y mecánicas diferentes.

Propiedades físicas	
Peso verde [kg/m ³]	600—800
Densidad seca al aire CH ₁₂₋₁₅ [g/cm ³]	0.35—0.50—0.60
Contracción	Total* Normal**
radial [%]	4.0 1.6—2.3
tangencial [%]	6.3 2.6—3.3
Hinchamiento diferencial [%/%]	radial: 0.13 tangencial: 0.24
Estabilidad dimensional	buena
Propiedades mecánicas	
Resistencia a compresión paralela CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	31—40
Resistencia a flexión CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	51—83
Módulo de elasticidad (flexión) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	5200—7400
Resistencia al impacto CH ₁₂₋₁₅ [kJ/m ²]	22—37—45
Cizallamiento CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	5.0—6.0
Dureza JANKA (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [kN]	2.2—3.5
Dureza BRINELL (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	14—18

*verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

CEIBA

Ceiba pentandra (L.) Gaertn.,
familia Bombacaceae



DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: Desde Estados Unidos (California, Florida), a México y el Caribe, Centroamérica, por toda América del Sur tropical. Además, ocurre naturalmente en África Occidental tropical.



OTROS NOMBRES: Pochote, ochoe, árbol de algodón, cabello de ángel (MX); bongo (PA); sisín (HO); bonga, ceibo, majumba, yaque (CO); pochote (cAm); mapajo (BO); huimba (PE); paineira, sumaúma (BR); fromager, kapokier (FR); Kapokbaum (DE), cotton tree, ceiba cork wood, kapok tree (US, GB).



ESTATUS PROTECCIÓN CITES: No protegido.



ANTECEDENTES: La ceiba tiene una distribución bicontinental (América y África tropical). Las fibras que rodean a la semilla, denominadas "Kapok", son apreciadas para materiales térmicos y acústicos. La corteza, tallo, exudado y hojas se emplean en la medicina popular, incluso su flor es considerada como melífera. El árbol ha sido considerado por la cultura maya como un símbolo sagrado, y aun en la actualidad muchos grupos mayas relacionan la cantidad de hojas que produce en verano y primavera con el grado de fertilidad de sus cosechas.



CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA: Albura y duramen no tienen un límite marcado entre sí, los colores de la madera oscilan entre el blanquecino, café claro, rosa pardo o amarillo con algunos segmentos grisáceos. Los árboles viejos tienden a desarrollar un duramen traumático ("falso") de color café oscuro, con alto contenido de humedad y un olor extremadamente desagradable. Anillos de crecimiento apenas visibles e indicados por bandas finas de parénquima terminal. Veteado suave, textura gruesa y áspera, el hilo varía de recto a entrecruzado. Olor de la madera seca no distintivo.



TRABAJABILIDAD: La madera es fácil de trabajar con herramientas manuales y para maquinar, sin embargo, la calidad de superficies no es tan satisfactoria por la "pelusa" que deja durante el maquinado; fácil de clavar y atornillar, pero muy débil en la retención de clavos y tornillos. Permite un buen encolado y ofrece acabados regulares.



SECADO: Los tiempos de secado al aire libre son moderados, presentando pequeños alabeos y agrietamientos. El pre-secado y el secado técnico son de velocidad moderada, no se presentan defectos significativos. En caso de utilizarse el secado convencional en estufa, se sugiere el programa T10-D55 para madera de 1" y el T8-D45 para madera de 2" de espesor. Se recomienda un tratamiento profiláctico luego al aserrado para evitar el ataque de hongos manchadores e insectos.



Cara transversal, aumento aprox. 12x

Cara tangencial, tamaño natural



DURABILIDAD NATURAL: Madera poco resistente (clase 3 según ASTM D 2017-5) a no resistente (clase IV-V según EN 350-2) a los hongos de pudrición. Moderadamente resistente a las termitas pero muy susceptible al ataque de hongos de manchado.



Usos: Construcción ligera interna, embalajes (cajones y huacales), esculturas, flotadores y salvavidas, contenedores de alimentos, mueblería en general, trabajos de carpintería internos, alma de multi-laminado y de contrachapado, tableros de fibra, molduras, juguetería, palillos, cerillos/fósforos, canoas, pulpa y papel.

Propiedades físicas	
Peso verde [kg/m ³]	500—700
Densidad seca al aire CH ₁₂₋₁₅ [g/cm ³]	0.21—0.27—0.42
Contracción	Total* Normal**
radial [%]	2.1—2.9 0.8—1.2
tangencial [%]	4.1—5.5 1.7—3.2
Hinchamiento diferencial [%/%]	radial: 0.12 tangencial: 0.24
Estabilidad dimensional	buena a regular
Propiedades mecánicas	
Resistencia a compresión paralela CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	16—25
Resistencia a flexión CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	30—50
Módulo de elasticidad (flexión) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	3300—5700
Resistencia al impacto CH ₁₂₋₁₅ [kJ/m ²]	8.0—13—32***
Cizallamiento CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	3.3—3.8
Dureza JANKA (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [kN]	1.0—2.3
Dureza BRINELL (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	10—15

*verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad; ***Valores estimados con base en la densidad seca al aire (CH₁₂₋₁₅)

ENCINO, ROBLE PRIETO

Quercus durifolia Seem.,
familia Fagaceae



DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: México, regiones montañosas norte y centro.



OTROS NOMBRES: Encino colorado, e. laurelillo, roble prieto, saucillo, shipari (MX).



ESTATUS PROTECCIÓN CITES: No protegido.



ANTECEDENTES: Esta especie de encino perteneciente al subgénero *Erythrobalanus* (encinos rojos) es nativa de México. Los árboles tienen un tronco recto y simétrico, alcanzan una altura entre 15 y 25 m y diámetros de hasta 50 cm a altura de pecho. Se encuentra en las regiones montañosas en el centro y norte de México (estados de Sinaloa, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango y Nuevo León).



CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA: La madera en general no presenta una marcada diferencia de color entre albura y duramen, va de café crema claro a café castaño rosado. En algunos árboles se observa un duramen de origen traumático, de contorno irregular y un color café oscuro con algunas líneas de tinte verdoso. Se aprecian anillos de crecimiento a simple vista. Veteado acentuado por la porosidad semi-anular y por los radios grandes, textura media a gruesa, hilo derecho. Madera seca sin olor distintivo.



TRABAJABILIDAD: Madera pesada y dura que se debe trabajar con herramientas provistas de pastillas de carburo tungsteno o estelita. Su comportamiento en cortes transversales y longitudinales es satisfactorio, ocasionalmente suele "aprisionar" y friccionar el disco a cortarla longitudinalmente debido a tensiones internas. Buena para cepillar; satisfactoria al barrenado presentando en el orificio de salida problemas de astillamientos; de muy buen comportamiento al escopleado y moldurado. El clavado y atornillado requieren pre-taladrado. Permite buenos encolados, sin embargo el uso de pegamentos tradicionales (blancos) provocan reacciones químicas con los taninos en la madera ocasionando un manchado de color negro en las superficies en contacto con el material encolante.



SECADO: Madera difícil de secar por su alta variabilidad de permeabilidad causada por la presencia de extraíbles y de tilides en el duramen. Se recomienda un pre-secado en estufa solar (hasta aprox. 30% CH), posteriormente un secado técnico convencional suave, temperatura inicial no mayor de 40°C finalizando el secado a temperaturas no mayores de 60°C. Durante el proceso se originan rajaduras en las testas con gran facilidad y frecuencia, madera susceptible a tensiones, alabeos, agrietamientos y colapso.



DURABILIDAD NATURAL: La bibliografía no reporta sobre la resistencia de esta especie de encino al ataque de hongos de pudrición. En congruencia con otras especies de encino rojo se espera que la madera sea de moderadamente a poco resistente (corresponde a clase 3 a 4 según ASTM D 2017-5; clase IV según EN 350-2).



Cara transversal, aumento aprox. 12x

Cara tangencial (centro) y radial (derecha), tamaño natural



USOS ACTUALES: Tarimas de embalaje, combustibles (carbón, leña).



USOS POTENCIALES: Construcción semi-pesada interior (madera sólida y laminada), chapas decorativas. Para demás usos se recomienda como primer paso reducir las dimensiones de las piezas. Después del procesamiento primario se deben pegar las piezas pequeñas para formar productos de mayor tamaño. Las aplicaciones principales serían pisos (duelas, parquet tipo mosaico y 'prefabricado') así como tableros enlistonados para uso múltiple (pisos de contenedores, carpintería de obra, muebles, etc.).

Propiedades físicas	
Peso verde [kg/m ³]	~ 1000
Densidad seca al aire CH ₁₂₋₁₅ [g/cm ³]	0.65—0.73—0.80
Contracción	Total* Normal**
radial [%]	2.7—5.5 1.1—3.1
tangencial [%]	7.2—12.0 3.8—9.0
Hinchamiento diferencial [%/%]	radial: 0.16 tangencial: 0.37
Estabilidad dimensional	regular a mala
Propiedades mecánicas	
Resistencia a compresión paralela CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	42—52—59
Resistencia a flexión CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	92—118—125
Módulo de elasticidad (flexión) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	7781—9192—10602
Resistencia al impacto CH ₁₂₋₁₅ [kJ/m ²]	84—166—236
Cizallamiento CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	13—14—15
Dureza JANKA (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [kN]	11—16—26
Dureza BRINELL (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	41—56—70

*verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad (por secado)

EUCALIPTO GLOBULUS

Eucalyptus globulus Labill,
familia Myrtaceae



DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: Nativo del sur de Australia y de Tasmania; cultivado en todos los continentes.



OTROS NOMBRES: Ocalito, eucalipto plateado (CO); eucalipto blanco (AR, ES); blue gum, Tasmanian blue gum (AU, GB, US); gommier bleu, g. blanc (FR); roble de Tasmania (ES).



ESTATUS PROTECCIÓN CITES: No protegido.



ANTECEDENTES: El eucalipto globulus es una especie originaria de la región sur de Australia y de la isla de Tasmania, donde el árbol alcanza una altura de 30 a 55 m, ocasionalmente 70 m, y diámetros de hasta 200 cm. Es una de las especies más plantada en el mundo, la cual se ha introducido en Nueva Zelanda, Sudáfrica, Sudamérica, Estados Unidos, India y países del mediterráneo, formando extensas masas de monocultivo. Es una especie de rápido crecimiento y de buena adaptabilidad a un amplio rango de sitios, en plantaciones desarrolla el 70% de su altura total a sus primeros 10 años. Las hojas contienen aceites que destilados se destinan a las industrias químico-farmacéuticas y de confitería.



CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA: Duramen de color variable desde marrón muy pálido a blanco rosáceo con tinte amarillento, transición casi imperceptible a la albura de color blanco con matiz grisáceo. Límites de anillos generalmente visibles, delimitados por una franja de tejido más oscuro (madera tardía). Veteado suave, textura mediana, grano recto a ligeramente entrecruzado. Madera seca sin olor distintivo.



TRABAJABILIDAD: Esta madera se caracteriza por su elevada densidad y dureza, así como por sus buenas propiedades mecánicas, facilidad de curvado y resistencia al impacto. Es difícil de aserrar debido a tensiones internas, de buen comportamiento al cepillado, lijado, torneado y taladrado; de regular al moldurado, de mala sujeción a los clavos y los tornillos, por lo que se recomienda perforación previa; buena para el encolado. Buena para el teñido y puede recibir una variada gama de acabados.



SECADO: Madera muy "nerviosa", generalmente con fuertes tensiones de crecimiento internas y altos coeficientes de contracción e hinchamiento; difícil de secar al aire libre, lo que origina considerables deformaciones, fendas superficiales, agrietamientos y colapso. Para reducir tales defectos se trabaja con un periodo prolongado de presecado. Para el secado técnico convencional se recomienda los programas suaves (US) T3-C2 para madera de 1" y el T3-C1 para madera de 2", seguido por algún tiempo de acondicionamiento bajo vaporización.



DURABILIDAD NATURAL: Duramen resistente a moderadamente resistente a los hongos de pudrición (clase 2-3 según EN 350-2). Sin embargo, debido a



Cara transversal, aumento aprox. 12x

Cara radial, aumento natural

que la mayor proporción de la madera producida en plantaciones es albura (no resistente), ésta no puede ser usada en exteriores sin un tratamiento previo con preservantes.



Usos: La mayor proporción de la madera producida en plantaciones se destina a las industrias de pulpa y papel. Los árboles de buena calidad se aprovechan para la producción de madera aserrada, carpintería interior, triplay, chapa plana, vigas laminadas, parquet prefabricado, tableros enlistonados, muebles modulares y de cocina, tarimas y casas económicas prefabricadas (madera tratada).

Propiedades físicas	
Peso verde [kg/m ³]	~ 1300
Densidad seca al aire CH ₁₂₋₁₅ [g/cm ³]	0.55—0.73—0.80
Contracción	Total* Normal**
radial [%]	4.5—9.8 1.8—4.4
tangencial [%]	9.0—16.0 5.0—11.0
Hinchamiento diferencial [%/%]	radial: ~ 0.34 tangencial: ~ 0.19
Estabilidad dimensional	regular a mala
Propiedades mecánicas***	
Resistencia a compresión paralela CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	41—66—71
Resistencia a flexión CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	90—107—130
Módulo de elasticidad (flexión) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	12000—14000—20000
Resistencia al impacto CH ₁₂₋₁₅ [kJ/m ²]	76—104—132
Cizallamiento CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	9.5—12.0
Dureza JANKA (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [kN]	14—19
Dureza BRINELL (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	50—65

*verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad ***Los resultados de ensayos físico-mecánicos obtenidos con la madera de *Eucalyptus globulus* proveniente de plantaciones muestran una alta variabilidad en función del sitio, tratamiento silvícola y de la edad de los árboles ensayados.

FRIJOLILLO

Cojoba arborea (L.) Britton & Rose
(syn.: *Pithecellobium arboreum* (L.) Urban),
familia Fabaceae-Mimosoideae



DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: México, Centroamérica (Guatemala, Belice, Honduras, Nicaragua) y norte de América del Sur (hasta Ecuador).



OTROS NOMBRES: Camaronero, coralillo, sombra fresca, aguacillo, aromillo, arumbilla, guacastillo, cañamazo, guacamayo, tamarindillo (MX); wild tambrán, quebracho (NI); cola de coche (GT); barba jolote, ardilla, cola de marona, sang sang, tambrán, tuburús (BZ, HN); ardillo, iguano, tamarindo (CR); changuinola (PA); royal "mahogany" (US).



ESTATUS PROTECCIÓN CITES: No protegido.



ANTECEDENTES: El frijolillo es una especie de distribución natural del sur de México hasta Ecuador, principalmente en la costa atlántica. Su tronco recto alcanza alturas hasta 35 m y un diámetro a altura de pecho de hasta 100 cm. La especie ha ganado la atención del mercado norteamericano primordialmente por la apariencia de su madera con la madera de caoba (*Swietenia macrophylla*). Es considerada con buen potencial para regeneración natural, así como para plantaciones técnicas en claros debido a su buen crecimiento en una amplia diversidad de suelos.



CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA: Duramen de color café rojizo intenso, bien diferenciado de la albura de color café rosado grisáceo. Límites de anillos de crecimiento indistintos. Veteado suave y agradable por las variaciones en el hilo y el color, textura media, hilo entrecruzado y frecuentemente ondulado. Madera seca sin olor distinto.



TRABAJABILIDAD: Madera difícil de aserrar y de trabajar con herramientas de mano y maquinaria. Superficies radiales al cepillado y moldurado pobres, las tangenciales buenas; excelente para el escopleado, taladrado, buena para lijar; moderada a difícil al clavado y atornillado, siendo necesario perforar la madera antes de unirla. Permite excelentes acabados, de preferencia transparentes, para destacar su bello veteado y color natural.



SECADO: Madera de secado al aire libre con velocidad moderadamente lenta, desarrollando defectos de secado moderados. Para su secado técnico convencional se recomienda los programas (US) T5-D3 para 1" y T3-D2 para 2".



DURABILIDAD NATURAL: Madera altamente resistente a los hongos de pudrición (clase 1 según ASTM D 2017-5). Muy resistente al ataque de termitas de madera seca.



Cara transversal, aumento aprox. 12x



Cara tangencial, tamaño natural



Usos: Construcciones semi-pesadas interiores y exteriores, pisos para habitaciones, muebles finos (lineales y torneados) y gabinetes, moldes decorativos, carpintería general, paneles, lambrines, marcos de puertas y ventanas, interiores en general, , chapas rebanadas decorativas, artesanía.

Propiedades físicas		
Peso verde [kg/m ³]	~ 1200	
Densidad seca al aire CH ₁₂₋₁₅ [g/cm ³]	0.75—0.85	
Contracción	Total*	Normal**
radial [%]	3.0—4.0	1.4—2.0
tangencial [%]	5.0—7.8	~ 3.5
Hinchamiento diferencial [%/%]	radial: 0.14 tangencial: 0.38	
Estabilidad dimensional	regular	
Propiedades mecánicas		
Resistencia a compresión paralela CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	50—65	
Resistencia a flexión CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	87—135	
Módulo de elasticidad (flexión) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	10800—13700	
Resistencia al impacto CH ₁₂₋₁₅ [kJ/m ²]	~ 68***	
Cizallamiento CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	~ 13	
Dureza JANKA (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [kN]	4.9—7.5	
Dureza BRINELL (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	22—31	

*verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad; ***valor determinado en estado verde (fuente bibliográfica 16)

GUAPAQUE

Dialium guianense (Aubl.) Sandwith,
familia Fabaceae-Caesalpinioideae



DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: Desde México (zona tropical) y Centroamérica hasta Brasil y Perú.



OTROS NOMBRES: Guach, huapaque, palo de lacandón, paque, tamarindo silvestre (MX); paleta (GT, HN); tamarindo montero (NI); hauso, pericote, tamarindo de montaña (PA); tamarindo (CO); cacho (VE); huitillo (PE); jutahy, jutaí, jataí-peba, parajuba (BR).



ESTATUS PROTECCIÓN CITES: No protegido.



ANTECEDENTES: El guapaque es una especie caducifolia de amplia distribución en las Américas (regiones de clima tropical) que alcanza una altura hasta de 35 m y un diámetro de 80 cm, tronco cilíndrico y recto libre de ramas hasta los 15 m. Produce un fruto similar al del árbol del tamarindo (*Tamarindus indica* L.). Su madera se distingue por ser pesada, dura y muy abrasiva, por lo que no es apreciada para manufacturas industriales y artesanales. Sin embargo, tiene un buen potencial para usos estructurales. Tanto la madera como las hojas se aprovechan para aplicaciones remedios populares.



CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA: Duramen de color marrón con tintes naranjas, oscurece con la exposición a la luz; con transición abrupta a la albura de color blanco grisáceo o amarillento. Límites de anillos de crecimiento indistintos. Veteado suave, textura fina a media, hilo entrecruzado. Madera seca sin olor característico, sin embargo con olor desagradable y sabor astringente en estado verde.



TRABAJABILIDAD: Por su alta densidad y alto contenido de sílice la madera es muy difícil de aserrar y cepillar; moderada para el moldurado; buena para el escopleado, torneado y lijado. El alto contenido de sílice (hasta 1.8%) requiere utilizar sierras con dientes estelita y cuchillas provistas de carburo de tungsteno. Es prácticamente imposible introducir clavos y tornillos sin pre-taladrado. Presenta buena calidad de superficie y permite excelentes acabados.



SECADO: Madera de velocidades de secado de moderado a muy lento, con tendencia a presentar agrietamientos superficiales, los alabeos son reportados de ligeros a severos. Para el secado técnico convencional, se recomienda el uso del programa (US) T3-C2 para madera de 1" y el T3-C1 para 2".



DURABILIDAD NATURAL: Duramen altamente resistente a resistente a los hongos de pudrición (clases 1 a 2 según ASTM D 2017-5). Muy resistente al ataque de termitas, probablemente presenta también moderada resistencia a los taladradores marinos.



Cara transversal, aumento aprox. 12x

Cara radial, tamaño natural



Usos: Construcciones pesadas interiores y exteriores como puentes, pisos industriales con alto tráfico, pisos para habitaciones (duelas, parquet prefabricado), escaleras (escalones, pasa manos), cubiertas para mesas de trabajo, marquetería (cachas para mangos de cuchillos), baquetas de tambor y muebles rústicos de jardinería.

Propiedades físicas		
Peso verde [kg/m ³]	~ 1300	
Densidad seca al aire CH ₁₂₋₁₅ [g/cm ³]	0.88—0.99—1.15	
Contracción	Total*	Normal**
radial [%]	5.1—6.3	2.5—3.2
tangencial [%]	8.9—11.5	5.8—6.0
Hinchamiento diferencial [%/%]	radial: 0.25—0.31 tangencial: 0.42—0.47	
Estabilidad dimensional	regular	
Propiedades mecánicas		
Resistencia a compresión paralela CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	89—108	
Resistencia a flexión CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	168—234	
Módulo de elasticidad (flexión) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	17160—20100	
Resistencia al impacto CH ₁₂₋₁₅ [kJ/m ²]	~ 199***	
Cizallamiento CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	19—23	
Dureza JANKA (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [kN]	11—16—18	
Dureza BRINELL (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	41—56—63	

*verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad; ***valor determinado en estado verde (fuente bibliográfica 16)

GUAYACÁN

Guaiaecum spp., familia Zygophyllaceae



DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA: *G. coulteri*:

México, noroeste y centro, estado de Chiapas

G. officinale:

Caribe, norte de América del Sur (Guyana, Surinam, Venezuela, Colombia)

G. sanctum:

Estados Unidos (Florida), sureste de México, Centroamérica, Caribe



OTROS NOMBRES: Palo santo (MX); Pockholz (DE); gaiac (FR); guaiacum wood, lignum vitae (US, GB); pockhout (NL).



ESTATUS PROTECCIÓN CITES: Protegido bajo Anexo II.



ANTECEDENTES: La madera comercial de Guayacán proviene de tres especies (*G. coulteri* A. Gray, *G. officinale* L., *G. sanctum* L.). El árbol de *G. officinale*, también conocido como "lignum vitae", por algunos siglos servía como fuente de un gran número de remedios y sustancias usadas en la industria de perfumes y aplicaciones similares. Por mucho tiempo la madera de las tres especies fue muy comercializada, actualmente se volvió muy escasa, motivo por el cual han sido protegidas por el CITES anexo II. Las dos especies que ocurren en México se encuentran bajo protección especial en algunos estados. Código según EN 13556: GCXX.



CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA: Duramen de color café oscuro verdoso, oscureciendo a negro olivo con vetas oscuras, bien diferenciado de la albura de color amarillo pálido a crema. Límites de anillos de crecimiento generalmente indistintos, raramente perceptibles a simple vista. Veteado de suave a acentuado, textura fina, hilo fuertemente entrecruzado en fajas muy estrechas. Superficie grasosa al tacto; al frotarse, puede distinguirse un ligero olor de hule.



TRABAJABILIDAD: Madera extremadamente dura y pesada, sin embargo muy quebradiza. Es muy difícil de trabajar con herramientas de mano y maquinaria, por su alta densidad requiere del uso de herramientas provistas de carburo de tungsteno; por el grano entrecruzado al cepillado tiende a astillarse, en el resto de las operaciones su comportamiento es bueno. Excelente para tornejar; por su alta densidad y superficie grasosa es difícil de encolarse. No acepta bien los acabados con base en agua, aceite y poliéster debido a las grandes cantidades de extraíbles hidrófobos que contiene. Corroe hierro bajo condiciones húmedas.



SECADO: Madera altamente refractaria y difícil de secar, secando a una velocidad extremadamente lenta y desarrollando defectos de secado como acebolladuras, agrietamientos y apanalamientos si es expuesta a la radiación solar. El secado técnico convencional, aunque raramente realizado, requiere condiciones muy suaves y un tiempo prolongado. Se recomienda los programas de secado B del Reino Unido o 6(T2-C2) 5(T2-C-1) para 1" y 2", respectivamente, de Estados Unidos. Además, se aconseja sellar las superficies transversales.



DURABILIDAD NATURAL: Madera muy resistente (clase 1 según ASTM D 2017-05; clase I según EN 350-2) al ataque de hongos de pudrición, de termitas y de otros insectos.



Cara transversal, aumento aprox. 12x

Cara tangencial, tamaño natural



Usos: Debido a la gran escasez de la madera y el comercio controlado bajo los reglamentos CITES (Anexo II), sus usos hoy en día son muy restringidos. Anteriormente se la aprovechaba principalmente por sus propiedades sobresalientes de densidad, tenacidad, auto-lubricación y resistencia a agua salada, por ejemplo para suelas de cepillos manuales, bolas de boliche, bujes y rodamientos para ejes de hélices de navíos, lanzaderas de telares, desmotadores de algodón, cabezas de mazos, crisol y mortero, etc. Mientras, que se haya desarrollado materiales de sustitución más económicos para casi todas estas aplicaciones, la mayor parte de la madera de guayacán disponible en el comercio se aprovecha para producir colorantes y saborizantes para alimentos y bebidas.

Propiedades físicas		
Peso verde [kg/m ³]	1300—1500	
Densidad seca al aire CH ₁₂₋₁₅ [g/cm ³]	1.10—1.33	
Contracción	Total*	Normal**
radial [%]	~ 5.6	~ 3.7
tangencial [%]	~ 9.3	~ 6.2
Hinchamiento diferencial [%/%]	radial: 0.25 tangencial: 0.38	
Estabilidad dimensional	regular	
Propiedades mecánicas		
Resistencia a compresión paralela CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	80—126	
Resistencia a flexión CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	117—144	
Módulo de elasticidad (flexión) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	10800—13500	
Resistencia al impacto CH ₁₂₋₁₅ [kJ/m ²]	30—45	
Cizallamiento CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	no hay datos	
Dureza JANKA (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [kN]	20—27	
Dureza BRINELL (lateral) CH ₁₂₋₁₅ [N/mm ²]	70—90	

*verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad