



Madera y Bosques

ISSN: 1405-0471

publicaciones@ecologia.edu.mx

Instituto de Ecología, A.C.

México

Bárcenas Pazos, Guadalupe M.

Caracterización tecnológica de veinte especies maderables de la selva lacandona, Chis., México.

Madera y Bosques, vol. 1, núm. 1, primavera, 1995, pp. 9-38

Instituto de Ecología, A.C.

Xalapa, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61700102>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Caracterización tecnológica de veinte Especies maderables de la Selva Lacandona

Guadalupe M. Bárcenas Pazos¹

RESUMEN

Se realizó la caracterización tecnológica de veinte especies de la Selva Lacandona con el propósito de generar la información técnica necesaria que permita el mejor aprovechamiento de las especies maderables tropicales que vegetan en México y que hasta ahora han sido poco conocidas y utilizadas. Las especies estudiadas se seleccionaron de acuerdo con su forma, abundancia y distribución geográfica. Se realizaron ensayos físicos, mecánicos, de aserrado, de durabilidad y de resistencia natural al ataque de agentes biodegradadores. Los resultados obtenidos se presentan en tablas para cada una de las pruebas realizadas y en fichas tecnológicas para cada especie. La metodología para el estudio de las propiedades de las especies tropicales se desarrolló, tomando como base las normas utilizadas para especies de climas templado y frío.

PALABRAS CLAVE

Maderas tropicales, propiedades físico-mecánicas, aserrado, durabilidad, metodología.

ABSTRACT

The technological characterization of twenty wood species from the Lacandona rain-forest was carried out to generate the necessary technical information on

lesser-known tropical wood species from Mexico. Those species were selected based on their trunk shape, distribution and abundance. Tests on physical and mechanical properties, sawing, durability, and natural resistance against biodegradation were performed. Results are presented in both tables per each type of test and technological data sheets per individual species. A methodology to study tropical species properties was developed based on specifications for temperate-regions woods.

KEY WORDS

Tropical woods, physical and mechanical properties, sawing, natural durability, methodology.

INTRODUCCION

En México, la extensión más grande de selva tropical es la Selva Lacandona, la cual está localizada en el estado de Chiapas, en el sureste del país. Dos de las características de las selvas tropicales son: la gran diversidad de especies y el reducido número de individuos de una especie por hectárea; de ahí que el aprovechamiento forestal comercial de las maderas tropicales en la Selva Lacandona sea reducido, difícil y costoso en términos económicos.

A nivel nacional, durante muchos años, sólo dos especies de madera tropical se comercializaron: el cedro rojo (*Cedrela odorata*

¹ Investigador. Departamento de Productos Forestales y Conservación de Bosques. Instituto de Ecología, A.C. Apdo. Postal 63. Xalapa, Ver., 91000. Recibido para su publicación en Noviembre 15, 1993.

L.) y la caoba (*Swietenia macrophylla* King). Algunas de las razones que explicaban esta extracción tan altamente selectiva, son que estas maderas tenían tradición de uso y que sus características de trabajo eran ampliamente conocidas, aún cuando se basaban en el conocimiento empírico de los usuarios. La falta de conocimiento de las propiedades de la mayor parte de las maderas tropicales era la causa de que se les considerara como inservibles para su aprovechamiento forestal; razón por la cual eran utilizadas como combustible, en los mejores casos, o simplemente eran derribadas y quemadas durante el proceso de extracción selectiva o para la apertura de terrenos forestales con fines agrícolas o ganaderos.

La manera de darle un mayor y mejor uso a las maderas tropicales poco utilizadas, es generando el conocimiento de sus características tecnológicas y la recomendación de usos con base en estas características.

Para la generación de esta información, es necesario desarrollar una metodología para el estudio integral de las especies maderables mexicanas poco utilizadas y la realización de una serie de pruebas que permitan conocer las propiedades de cada una de las diferentes maderas.

Con base en los resultados obtenidos, se hizo una evaluación de las propiedades tecnológicas de cada especie, presentando tanto los valores numéricos como las calificaciones, en una ficha tecnológica, la cual se pretende que sea de fácil manejo para promotores y usuarios de estas especies: comerciantes, industriales, carpinteros, constructores, artesanos, ingenieros, arquitectos, etcétera.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es generar la información sobre las características tecnológicas de veinte especies de maderas tropicales, incluyendo anatomía, propiedades físico-mecánicas y biodeterioro. Tomando como base este conocimiento se hará una proposición de usos por grupos de especies.

METODOLOGIA

Selección de especies

De la información bibliográfica y de los inventarios forestales existentes hasta 1977 (Miranda, 1952 y DGIF, 1976), se elaboró una lista de las especies que estaban más ampliamente distribuidas en la Selva, que tenían una mayor frecuencia de árboles por especie, y con características de forma, diámetro y altura que las hicieran potencialmente aprovechables a nivel comercial. De esa lista inicial se seleccionaron aquellas especies que por sus características de trabajo podrían tal vez emplearse en alguno de los usos previamente identificados como los que consumen mayores volúmenes de madera: usos estructurales en interiores y exteriores, usos no estructurales en exteriores, mangos de herramienta, carpintería en general, ebanistería, productos torneados, construcción con pilotes y cajas y empaques.

La técnica que se usó para hacer esta segunda selección es llamada del "perfil de especies" (Wangaard, 1951); la cual consiste en representar gráficamente en una serie de ejes verticales las características de la especie ideal para cada uno de los usos, tomándola como referencia para compararla con especies propuestas (fig. 1).

Las especies que más se asemejaron al perfil inicial y que además podían ser utilizadas en más de un uso, fueron incluidas en la lista tentativa de especies por colectar. El número de especies para ser estudiadas fue de veinte, considerando que este era un número adecuado para el inicio del estudio de las propiedades tecnológicas de las maderas tropicales.

Tamaño de la muestra

La variación intrínseca de la madera como material, debido a su naturaleza biológica, fue el parámetro determinante para establecer el número de árboles por colectar. Las propiedades de la madera varían no sólo entre especies, sino también entre árboles de una misma especie y aún entre material proveniente de un mismo árbol, por lo que el tamaño de la muestra tenía que ser tal, que

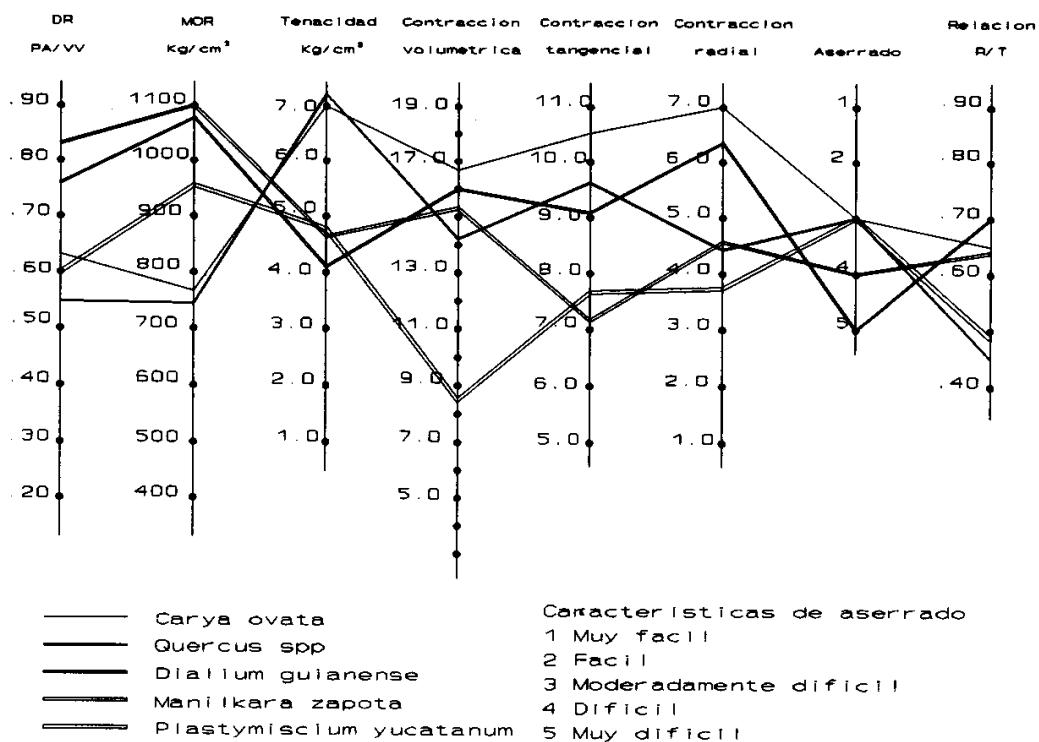


Figura 1. Perfil de especies

proporcionara un rango de variabilidad confiable pero que también fuera económicamente costeable.

Basados en el trabajo de Pearson y Williams (1965), el cual presenta estimaciones de tamaños de muestra para el análisis de las propiedades mecánicas de especies australianas, se hizo el cálculo del tamaño de la muestra, de manera que los resultados obtenidos tuvieran una

probabilidad del 90% y un rango de confiabilidad de 10% con respecto a la media (Ordóñez et al, 1989).

El tamaño de muestra así estimado resultó ser de cuatro árboles por especie y tres especímenes de prueba por árbol. Debido a lo limitado de los recursos económicos, de equipo y de personal disponible, aunado a la escasez de infraestructura y de caminos transitables, en la mayor parte del área

ocupada por la selva, se decidió reducir el número de árboles por colectar a dos por especie, manteniendo el número de tres especímenes por árbol. Los valores esperados con este tamaño de muestra resultaban tener aún una probabilidad del 90%, pero con un rango de confiabilidad de $\pm 28\%$ con respecto a la media.

Pruebas a realizar

Esta cantidad de material, aún cuando se calculó tomando como base la confiabilidad de los resultados de ensayos mecánicos, se estimó suficiente para lograr la caracterización tecnológica de las especies colectadas. Las pruebas programadas fueron:

descripciones anatómicas, tanto a nivel macroscópico como microscópico, además de material para depósito en la xiloteca e intercambio con otras instituciones.

pruebas físicas, incluyendo velocidad y defectos de secado; determinación de la densidad relativa y de los porcentajes de contracción, lineales y volumétricos.

pruebas mecánicas, flexión estática, compresión paralela y perpendicular al grano, dureza "Janka", cortante paralelo a las fibras y tenacidad, todas en dos condiciones "verde" y acondicionada al 12% de contenido de humedad.

pruebas de biodeterioro, con insectos y con hongos, tanto en condiciones de laboratorio como en el campo.

pruebas de trabajabilidad, calificando el comportamiento de las especies durante el aserrado.

Colecta y preparación del material

Zona de colecta

La zona de colecta se localiza a lo largo del camino que une la población de El Granizo con Cintalapa, y a lo largo de las brechas que unen esta última con las poblaciones de Bonanpak y Velasco Suárez, entre los meridianos 90°42' y 91°24' longitud oeste y los paralelos 16°31' y 17°03' latitud norte y a 570 msnm (fig. 2).

Marcado de los árboles

Sobre un mapa de la zona de colecta, mediante un sorteo de números aleatorios que representaban los kilómetros a lo largo de los caminos, se marcaron los sitios de colecta. Al llegar a los sitios marcados, se penetraba a la selva por el lado derecho del camino, hasta encontrar un árbol de alguna de las especies seleccionadas. Los árboles debían cumplir ciertos requerimientos mínimos para ser colectados, esto es, que tuvieran un diámetro mínimo a la altura del pecho de cuando menos 40 cm; fuste recto y con una desviación no mayor de 15° con respecto a la vertical; sin defectos naturales visibles, tales como grano desviado, en espiral, etc; sin defectos inducidos artificialmente, como lacras por ocoteo, resinación, incendio, etc. y en buen estado de sanidad, sin ataque de plagas. Si el árbol encontrado cumplía estas condiciones, se marcaba, pero, si después de haber recorrido una distancia de 100 m, perpendicularmente al camino, no se encontraba ningún espécimen, se regresaba al camino, y se introducía a la selva por el lado izquierdo, siguiéndose las mismas indicaciones. Si sobre ese lado del camino tampoco se encontraba ningún árbol, entonces se continuaba sobre el camino hasta localizar el siguiente sitio de muestreo. Se procuró siempre que dos árboles de la misma especie no fueran marcados, si no mediaban entre ellos cuando menos cinco sitios de colecta (Bárcenas et al, 1980).

Una vez que todos los árboles fueron marcados, se procedió a la colecta de los ejemplares, siguiendo el diagrama de aserrado de la figura 3. El primer corte se hizo a 50 centímetros sobre el nivel del suelo, o bien por arriba de los contrafuertes, en el caso de que se presentaran. Inmediatamente después del corte se colectó material para determinar el contenido de humedad del árbol al momento del derribo; esta muestra consistió en un cuarto de la sección transversal y con 5 cm de longitud (fig. 3a). El material se pesó inmediatamente con un dinamómetro.

Para las descripciones anatómicas se colectaron dos secciones transversales de 5 cm de longitud, inmediatamente después del primer corte (fig. 3b). También se colectaron

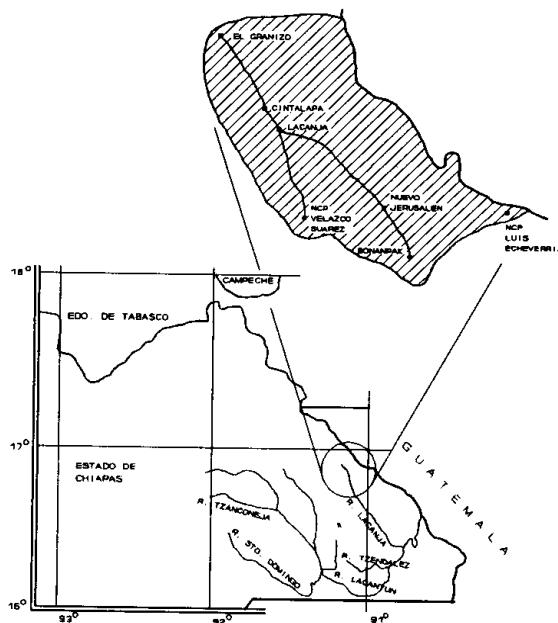


Figura 2. Zona de colecta

ejemplares de hojas, frutos y flores, cuando estaban presentes, como material de respaldo para la identificación botánica. Este material fue depositado en el Herbario del INIREB en Xalapa, Ver.

A cada árbol colectado se le asignó un número progresivo de tres dígitos, del 001 en adelante, sin importar la especie. Con ese número se identificó posteriormente todo el material proveniente de ese árbol.

Al tronco derribado se le marcaron secciones de 120 cm de longitud a todo lo largo de la zona potencialmente comercial, es decir, hasta que el diámetro no fuera menor de 30 cm o bien hasta la presencia de las primeras ramas gruesas. A dichas secciones se les llamaron trozas (fig. 3c). A las trozas de cada árbol se les marcó con el número del árbol correspondiente y con una letra del alfabeto, correspondiéndole la letra A a la troza más cercana a la base del árbol y así

progresivamente. Se midió el diámetro de la sección media de cada troza para calcular su volumen relativo. Se sumaron los volúmenes de todas las trozas, para calcular los volúmenes relativos acumulados. Utilizando los volúmenes relativos de cada troza se realizó un sorteo aleatorio para seleccionar las tres trozas que iban a ser ensayadas (Bárcenas et al., 1980). Cuando el número de trozas de un árbol era menor de siete, todas eran consideradas para el sorteo, cuando estaba entre 7 y 13, se seleccionaban alternadamente una sí y otra no y si era mayor de 13 se incluía una sí y dos no.

Cada troza fue aserrada en tres secciones a las que se denominaron "cuartones". Los extremos de cada cuartón fueron sellados con una capa gruesa de pintura y cuando era posible hacerlo, la corteza fue removida. Todas las trozas fueron rociadas con una solución fungicida para

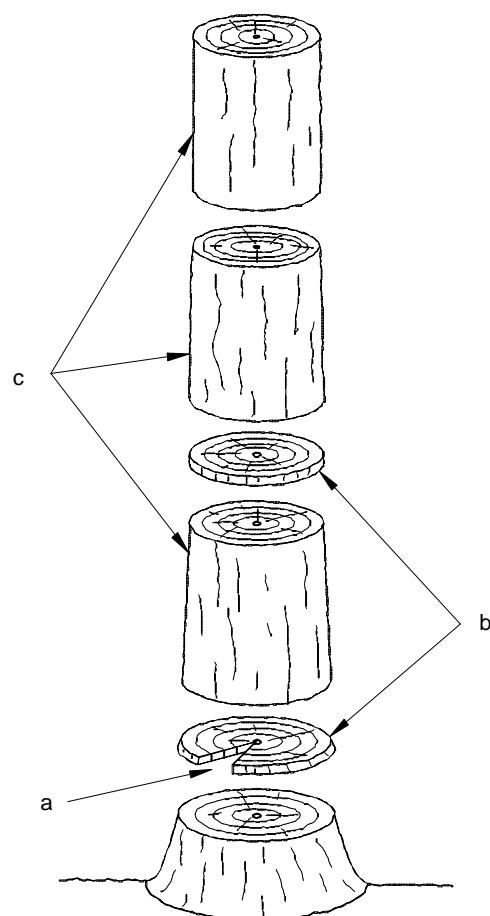


Figura 3. Patrón de corte

prevenir el ataque de hongos manchadores y envueltas en polietileno para retardar la pérdida de humedad mientras se terminaba la colecta y se trasladaban a las instalaciones del LACITEMA-INIREB en Xalapa, Ver. La lista de las especies colectadas, el número de árboles y el número de trozas de cada árbol aparecen en la tabla 1.

Aserrado del material

Una vez que el material estuvo en las instalaciones del LACITEMA - INIREB en Xalapa, dos de los cuartones obtenidos de cada una de las trozas fueron aserrados en la forma que se ilustra en la figura 4, obteniendo el material necesario para los diferentes ensayos programados, y el tercero se guardó

como reserva. De cada cuartón se cortaron dos tablones de 6 cm de grueso y ancho variable, dependiendo del diámetro del árbol, para la obtención de las probetas para las pruebas mecánicas, y del resto se cortaron tablas de 2.5 cm de grueso por 12 cm de ancho.

Todo el material obtenido, conforme iba siendo aserrado se marcaba con tinta indeleble con el número del árbol, la letra de la troza y el tipo de corte obtenido, radial o tangencial.

Los tablones se mantuvieron saturados, en condición "verde", hasta el momento de ser convertidos en probetas para los ensayos mecánicos, mientras que con las tablas se formaron las pilas de secado, tanto para evaluar las características de secado de cada una de las especies como para obtener el material seco para las otras pruebas, exceptuando el que se utilizaría en la determinación de la densidad relativa y de los porcentajes de las contracciones, cuyo procedimiento se describe en incisos posteriores.

Realización de ensayos

Características de aserrado

Durante el derribo de los árboles colectados y durante la transformación de éstos a probetas, se fueron llevando registros de sus características de aserrado, facilidad o dificultad que presentaban durante el proceso de corte. No se siguió una metodología previamente establecida, sino que la clasificación fue cualitativa. Los resultados se presentan en la tabla 2.

Descripciones anatómicas

De los rolletes colectados para este fin, se obtuvieron las muestras para hacer las descripciones macro y microscópicas. El muestreo, las técnicas utilizadas, así como las descripciones que se realizaron conjuntamente con el Instituto de Biología de la UNAM y con la Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa, ya han sido publicadas por Barajas *et al.* en 1979.

Tabla 1. Especies colectadas

ESPECIE	NOMBRE COMUN	NO. ARBOL	NO. TROZA
<i>Ampelocera hottlei</i> (Standl.) Standl	cuerillo	2	6
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	jobillo	2	6
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw	ramón	1	3
<i>Calophyllum brasiliense</i> Camb.	barí	2	6
<i>Cedrela odorata</i> L.	cedro	2	6
<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandw.	paque	2	6
<i>Guarea glabra</i> Vahl	cedrillo	3	6
<i>Licania platypus</i> (Hemsl.) Fritsch	cabeza de mico	1	3
<i>Lonchocarpus castilloi</i> St	machiche	3	9
<i>Lysiloma acapulcensis</i> (Kunth) Benth	tripal	2	6
<i>Manilkara zapota</i> (L.) v. Royen	chiczapote	2	6
<i>Mirandaceltis monoica</i> (Hemsl.) Sharp	chicharra	2	6
<i>Mosquitoxylum jamaicense</i> Krug. y Urb.	pajulté	3	8
<i>Platimiscium yucatanum</i> Standl	hormiguillo	2	6
<i>Quararibea funebris</i> (Llave) Visher	molinillo	1	2
<i>Schizolobium parahibum</i> (Vell.) Blake	falso guanacaste	2	6
<i>Swietenia macrophylla</i> King	caoba	2	6
<i>Terminalia amazonia</i> (Gmel.) Exell	canshán	2	6
<i>Vatairea lundellii</i> (Standl.) Killip	amargoso	2	6
<i>Vochysia hondurensis</i> Sprague.	maca blanca	2	6

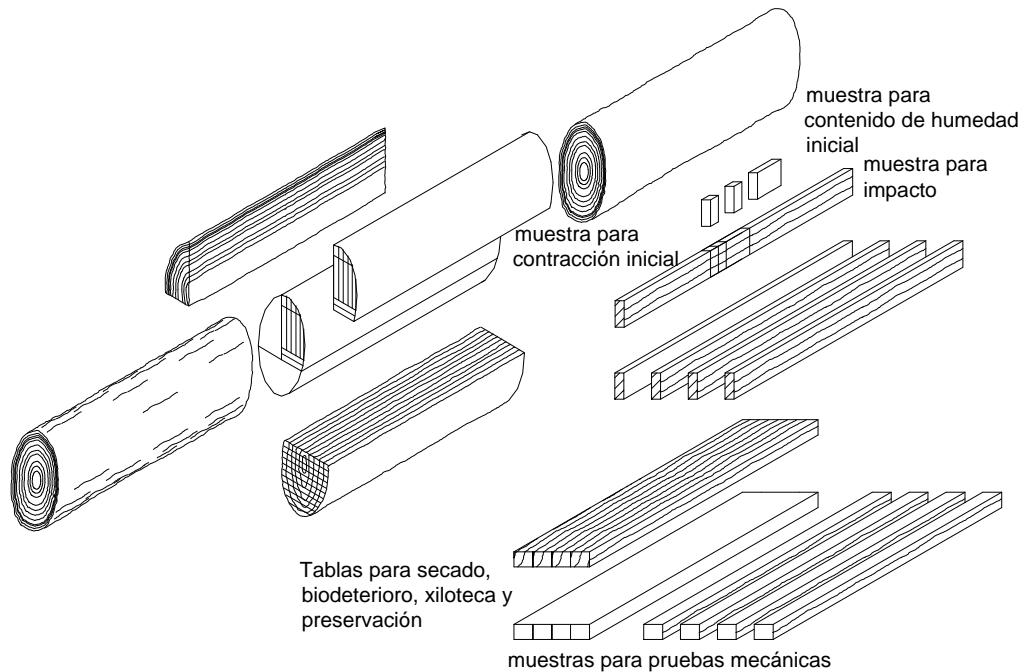


Figura 4. Patrón de corte de una troza

Tabla 2. RESULTADOS DE ASERRADO

ESPECIE	CLASIFICACION
<i>Ampelocera hottlei</i>	mod. difícil
<i>Astronium graveolens</i>	difícil
<i>Brosimum alicastrum</i>	difícil
<i>Calophyllum brasiliense</i>	fácil
<i>Cedrela odorata</i>	fácil
<i>Dialium guianense</i>	muy difícil
<i>Guarea glabra</i>	fácil
<i>Licania platypus</i>	mod. fácil
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	difícil
<i>Lysiloma acapulcensis</i>	difícil
<i>Manilkara zapota</i>	fácil
<i>Mirandaceltis monoica</i>	muy fácil
<i>Mosquitoxylum jamaicense</i>	mod. fácil
<i>Platimiscium yucatanum</i>	fácil
<i>Quararibea funebris</i>	difícil
<i>Schizolobium parahibum</i>	fácil
<i>Swietenia macrophylla</i>	mod. difícil
<i>Terminalia amazonia</i>	muy fácil
<i>Vatairea lundellii</i>	muy difícil
<i>Vochysia hondurensis</i>	muy difícil

Pruebas físicas

En los ensayos para el cálculo de los valores de densidad relativa y contracciones se siguieron, en lo general, los criterios establecidos por las norma D-143 (ASTM,1972). En los rubros siguientes se describirán sólo aquellos puntos que difieren de lo especificado por las normas.

a) secado al aire libre

Para determinar la velocidad con que cada especie alcanzaba el contenido de humedad en equilibrio con el medio ambiente circundante y el tipo de defectos que este proceso provocaba en la madera, con las tablas obtenidas ex profesamente para este ensayo (fig. 4) se armaron pilas de secado bajo cubierta. Los datos de temperatura y humedad relativa fueron registrados durante todo el proceso.

De las tablas de 2.5 x 12 cm (fig. 4), por cada troza se seleccionaron, una tabla que presentara corte radial y una que presentara corte tangencial, marcándose respectivamente con la letra R o T. Estas tablas se usaron para

obtener las probetas para determinar el contenido de humedad inicial (CHI) por especie, para las probetas de contracción lineal, de avance de secado y de impacto en condición "verde". Para las probetas de impacto y para la muestra de avance de secado se cortaron dos secciones de cada tabla de 50 cm de longitud, medidos de los extremos hacia la parte central de cada tabla. De la parte central se obtuvieron dos pequeñas probetas de 2.5 cm de longitud para determinar los porcentajes de contracción; cada probeta fue marcada (además del número del árbol y la letra de la troza), con las letras CR o CT, para indicar que eran para las pruebas de contracción radial o de contracción tangencial. La sección restante fue utilizada para el cálculo del contenido de humedad de cada especie al inicio de la prueba.

Para la obtención del CH, el espécimen fue pesado inmediatamente después de ser cortado, siendo puesto a secar en un horno a una temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, hasta que alcanzar un peso constante, es decir hasta llegar a la condición anhídrica. La diferencia entre peso inicial y peso final es el peso del agua

presente en la madera. La fórmula usada para el cálculo del contenido de humedad es la siguiente:

$$CH (\%) = \frac{P_I - P_A}{P_A} \times 100 \quad (1)$$

En donde:

CH	Contenido de humedad (%)
P _I	Peso húmedo (gr)
P _A	Peso anhídrico (gr)

Los especímenes de avance de secado también se pesaron, y se registró su peso inmediatamente después de ser cortadas. A las tablas restantes les fueron sellados los extremos con parafina para evitar que sufrieran rajaduras por la pérdida drástica de humedad. Si alguna de las tablas presentaba grietas, éstas eran marcadas con tinta indeleble para poder ser diferenciadas de aquellas que pudieran desarrollarse durante el secado. Todas las tablas fueron mezcladas de tal manera que al colocarse en las pilas de secado su distribución fuera aleatoria.

Las pilas se secaron fueron armadas manteniendo una altura mínima de 40 cm con respecto al nivel del suelo. Para este fin se utilizaron nueve bloques de concreto colocados a cada 60 cm en un sentido y a 65 cm en el sentido opuesto; sobre ellos se colocaron piezas de madera de 10 x 10 x 140 cm, que sirvieron de base para tender la primera hilada de tablas. Entre cada tabla se dejó una separación de 2.5 cm y entre cada capa de tablas se colocaron separadores de madera de 2.5 x 3 cm de sección, para la circulación del aire. Tanto para polines, como para los separadores, se utilizó madera seca que no presentara ataque de hongos manchadores o de pudrición, siendo además sumergidos en una solución preservadora para evitar el ataque de hongos.

Las dimensiones finales de cada pila fueron 135 cm de largo por 120 cm de ancho y 150 cm de alto, sin contar la altura de los bloques de concreto. Sobre cada una de las pilas se colocaron bloques de concreto para minimizar las distorsiones de la madera. Cada

cinco hiladas se colocaron los especímenes de avance de secado; éstos se colocaron en una pequeña estructura para facilitar su remoción cada dos semanas para ser pesadas. El valor del peso se utilizó para calcular el contenido de humedad de la pila a lo largo del proceso de secado y así obtener un estimado del momento en que la mayoría de las especies alcanzaran su contenido de humedad en equilibrio (CHE). La prueba se consideró terminada cuando el 66% del total de los especímenes-muestra por árbol registró una variación en su contenido de humedad de 1% entre dos pesadas consecutivas. La pila de secado se desmontó hasta que ninguna de las tabla-muestra presentara una variación notable de peso.

Para cada especie se hizo una gráfica de tiempo contra contenido de humedad para determinar el momento en que obtuvieron el CHE; las especies se clasificaron de acuerdo con la tabla 3.

Una vez terminada la prueba, las tablas fueron nuevamente separadas por especie para la determinación de los defectos desarrollados durante el secado. Se revisaron todas las tablas y aquellas que presentaban grietas o distorsiones fueron separadas para que los defectos fueran calificados y medida su magnitud.

Las grietas o rajaduras se clasifican en laterales o longitudinales y en transversales o en los extremos; las longitudinales, de acuerdo con la profundidad que presentan, se clasifican en superficiales, si desaparecen con un cepillado normal, y profundas si permanecen después de ser cepilladas; de acuerdo con su abundancia, se clasifican en nulas o escasas, regulares, de regulares a abundantes y abundantes (fig. 5).

Las grietas transversales se clasifican en tangenciales, si son paralelas a los anillos de crecimiento, y radiales si son perpendiculares a los anillos. Por su longitud, se clasifican tomando como base la proporción que ocupan del total de la longitud del eje sobre el que están proyectadas: radial, tangencial u oblicuo, dependiendo del corte que presentara la tabla. Así, se clasifican en leves si abarcan menos del 25%, medianas si abarcan entre el

Tabla 3. Clasificación para rangos de velocidad de secado

TIEMPO	CLASIFICACION
≤90 días	rápido
90 a 150 días	moderadamente rápido
151 a 200 días	moderadamente lento
≥ 200 días	lento

25 y el 50%, moderadamente severas entre el 50 y el 75% y severas si abarcan más del 75% (WWPA, 1981) (fig. 5).

Las distorsiones o alabeos se clasifican en acanalamiento, alabeo de canto, arqueamiento y alabeo espiralado. Cada una de estas categorías a su vez se dividen en ausentes, ligeros, moderados y severos de acuerdo con las dimensiones esquematizadas en la figura 7 (WWPA, 1981).

La medición de las distorsiones se hizo colocando cada tabla sobre una superficie plana para determinar el tipo de alabeo presente. Las distorsiones se midieron con una escala milimétrica en el punto donde se presentaba el alabeo más severo. Los resultados finales de rangos de secado, rajaduras y alabeos para cada especie están enlistados en la tabla 4.

b) densidad relativa

La densidad relativa de la madera se expresa como la relación entre el volumen "verde" y el peso anhídrico de una pieza de madera en función de la densidad del agua, o sea que es expresada sin unidades. En este caso, la densidad relativa de cada especie se calculó como el promedio de todos los valores de densidad que se obtuvieron de cada una de las probetas usadas para los ensayos físicos y mecánicos.

De cada probeta se cortó una porción para la determinación de la densidad y el contenido de humedad al momento de la prueba. Inmediatamente después de cortada esta pieza era pesada, se obtenía su volumen y era secada al horno hasta alcanzaba peso constante para obtener el valor del peso anhídrico. Cuando las pruebas mecánicas se realizaban en condición seca, después del

ensayo se cortaba una porción, ésta se secaba al horno para obtener el peso anhídrico y después se sumergía en agua a saturar para obtener el volumen "verde".

Una vez realizadas todas las pruebas, se obtuvo el promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de la densidad relativa de cada especie. Estos valores se presentan en las tablas de resultados.

c) contracciones

Para la determinación de los valores de contracción se siguió la norma ASTM D-143. En la figura 4 se ilustra de dónde provenían los especímenes para la prueba. La contracción que sufre la madera al secarse se expresa como un porcentaje de la dimensión inicial de las piezas de madera.

Se cortaron dos probetas en la dirección radial y dos en la dirección tangencial de 2.5 cm de largo, 10 cm de ancho y 2.5 cm de grueso. Las probetas para contracción radial fueron marcadas con las letras CR, además del número del árbol y la letra de la troza a la que pertenecían. Inmediatamente después de ser cortadas, se les sellaron las caras transversales con una delgada capa de parafina para evitar un secado drástico. Se midieron en su dimensión más ancha con un micrómetro con rango de 75 a 100 mm y exactitud de 0.01 mm. También se registraron sus pesos y volúmenes iniciales.

Fueron puestas a secar al "aire libre" (18 °C y 85% HR, en promedio), dentro de las instalaciones del LACITEMA. Se pesaron cada dos semanas, hasta que no se registró un cambio notable entre dos pesadas consecutivas, lo cual era indicativo de que habían alcanzado su contenido de humedad en equilibrio. Los datos de sus dimensiones,

Tabla 4. RESULTADOS DE SECADO

ESPECIE	RAPIDEZ	DISTORSIONES			
		ACANA LAMIEN TO	ALABEO DE CANTO	ARQUEA MIENTO	ALABEO ESPIRA LADO
<i>Ampelocera hottlei</i>	rápido	2(*)	2	2	3
<i>Astronium graveolens</i>	rápido	2	1	1	2
<i>Brosimum alicastrum</i>	muy ráp.	2	2	1	3
<i>Calophyllum brasiliense</i>	mod. ráp.	1	1	1	2
<i>Cedrela odorata</i>	mod. lento	1	1	1	1
<i>Dialium guianense</i>	mod. ráp.	2	2	2	3
<i>Guarea glabra</i>	mod. lento	1	2	1	2
<i>Licania platypus</i>	rápido	2	2	2	2
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	mod. ráp.	2	1	1	1
<i>Lysiloma acapulcensis</i>	mod. ráp.	2	2	1	2
<i>Manilkara zapota</i>	mod. lento	1	1	2	2
<i>Mirandaceltis monoica</i>	mod. ráp.	2	2	2	3
<i>Mosquitoxylum jamaicense</i>	mod. ráp.	1	2	1	3
<i>Platimiscium yucatanum</i>	mod. ráp.	1	2	2	2
<i>Quararibea funebris</i>	mod. lento	3	2	2	2
<i>Schizolobium parahibum</i>	mod. lento	1	2	1	1
<i>Swietenia macrophylla</i>	rápido	1	2	2	2
<i>Terminalia amazonia</i>	mod. ráp.	1	1	1	1
<i>Vatairea lundellii</i>	mod. ráp.	1	3	2	2
<i>Vochysia hondurensis</i>	mod. lento	2	2	2	1

(*) Clasificación de los defectos de secado

Distorsiones:	Grietas radiales y anulares:	Grietas laterales
1. ausentes	1. leves	1. nulas o escasas
2. ligeras	2. medianas	2. escasas
3. moderadas	3. moderadamente severas	3. regulares abundantes
4. severas	4. severas	4. abundantes

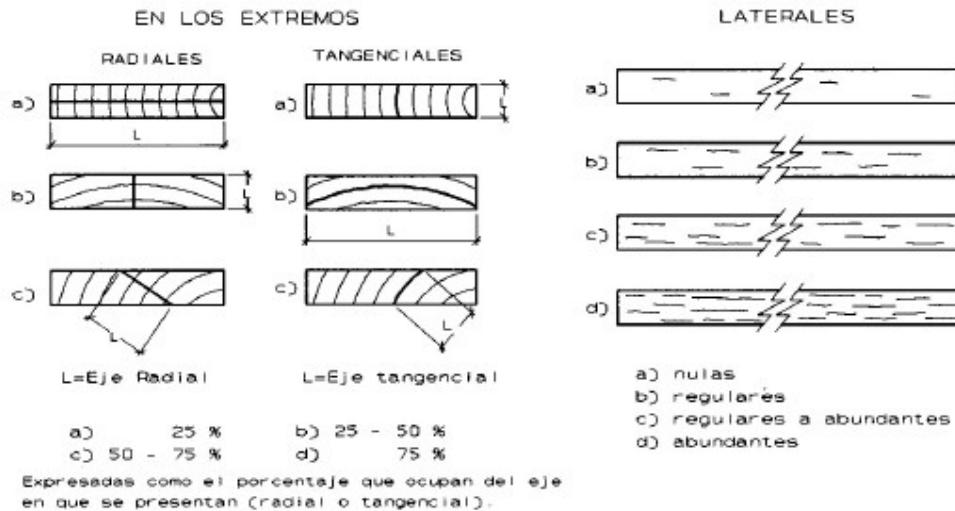


Figura 5. Tipos de grietas y su clasificación

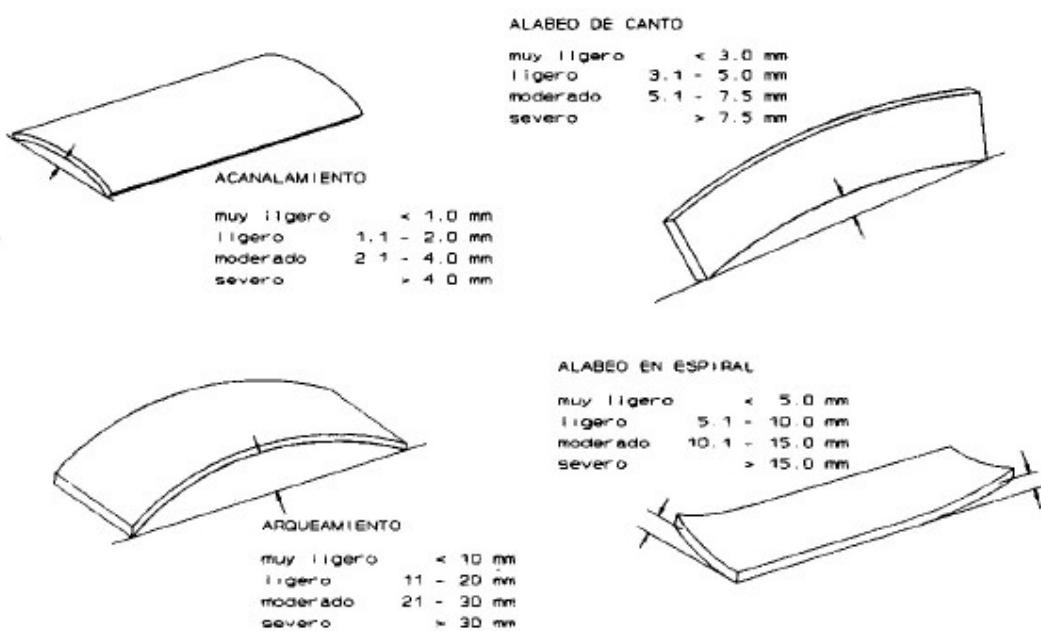


Figura 6. Tipo de distorsiones y su clasificación

peso y volumen fueron tomados en esta condición ya que debido a la falta de un cuarto con ambiente controlado no fue posible acondicionarlas al 12% de contenido de humedad, tal y como está especificado en la norma.

Posteriormente fueron puestas a secar al horno a una temperatura constante de 105 °C 2 °C por 48 horas. Una vez que alcanzaron la condición anhídrica se tomaron los datos de dimensión, peso y volumen. Se calcularon los valores de contracción en ambas direcciones y en las dos condiciones, obteniéndose los datos de contenido de humedad y densidad relativa (PA/VV). Se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$C_T (\%) = \frac{D_I - D_A}{D_I} \times 100 \quad (2)$$

$$C_M (\%) = \frac{D_I - D_M}{D_I} \times 100 \quad (3)$$

En donde:

- C_T Contracción total (%)
- D_I Dimensión inicial en verde (cm)
- D_A Dimensión anhídrica (cm)
- C_M Contracción intermedia (%)
- D_M Dimensión intermedia (cm)

Los valores de las contracciones se calcularon, para cada especie y para cada dirección, la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Los valores de las contracciones por especie se graficaron contra los valores de contenido de humedad para obtener el punto de saturación de la fibra (PSF). Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 5.

Para la determinación de los valores de contracción volumétrica, las probetas se obtuvieron de los especímenes que se usaron para las pruebas de flexión estática en condición "verde", de 5 por 5 cm de sección transversal y 2.5 cm de longitud.

Se sacaron datos de peso y volumen en las tres condiciones: saturada, seca al aire

libre y anhídrica siguiendo el mismo procedimiento que para las probetas de contracción lineal. Se calcularon los porcentajes de contracción utilizando las fórmulas:

$$CV_T (\%) = \frac{V_I - V_A}{V_I} \times 100 \quad (4)$$

$$CV_M (\%) = \frac{V_I - V_M}{V_I} \times 100 \quad (5)$$

En donde:

- CV_T Contracción volumétrica total (%)
- V_I Volumen inicial en verde (cm^3)
- V_A Volumen anhídrico (cm^3)
- CV_M Contracción intermedia (%)
- V_M Volumen intermedio (cm^3)

Se obtuvieron los valores de contenido de humedad para cada condición, así como los de densidad relativa. Para cada especie se calculó la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Los resultados se presentan en la tabla 5.

Pruebas mecánicas

Se realizaron siguiendo los criterios de la norma ASTM D-143 para pequeñas probetas libres de defectos en condición "verde" (contenido de humedad por arriba del punto de saturación de la fibra) y en condición seca (al 12% de contenido de humedad). Las pruebas de flexión estática, compresión paralela y perpendicular a la fibra, dureza Janka y corte paralelo a la fibra se hicieron en una máquina universal de ensayos con una capacidad de 25 toneladas. Los ensayos de impacto se realizaron en una máquina tipo FPL, la cual ha sido diseñada especialmente para este tipo de prueba.

Tabla 5. Resultados de contracciones

ESPECIE	DR pa/vv	PSF (%)	CONTR. RADIAL			CONTR. TANGENCIAL		
			INT.	TOTAL	COEF.	INT.	TOTAL	COEF.
<i>Ampelocera hottlei</i>	0.64	21	1.46	6.76	0.33	0.97	5.00	0.24
<i>Astronium graveolens</i>	0.72	20	2.06	7.46	0.70	0.95	3.80	0.19
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.65	22	1.31	5.91	0.26	0.65	4.54	0.20
<i>Calophyllum brasiliense</i>	0.54	31	2.58	8.24	0.27	1.80	5.98	0.20
<i>Cedrela odorata</i>	0.36	30	1.22	4.30	0.14	1.10	3.71	0.12
<i>Dialium guianense</i>	0.79	22	2.27	9.10	0.42	1.84	6.73	0.31
<i>Guarea glabra</i>	0.51	23	1.72	6.42	0.28	1.44	5.22	0.23
<i>Licania platypus</i>	0.62	22	2.55	8.53	0.39	1.98	6.19	0.28
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	0.69	22	1.97	7.89	0.36	1.30	3.62	0.26
<i>Lysiloma acapulcensis</i>	0.52	23	1.50	5.52	0.24	0.76	3.70	0.16
<i>Manilkara zapota</i>	0.86	29	1.70	5.46	0.19	0.94	4.65	0.16
<i>Mirandaceltis monoica</i>	0.69	22	1.94	7.21	0.33	1.73	6.26	0.29
<i>Mosquityolum jamaicense</i>	0.59	29	3.12	7.64	0.26	3.65	6.76	0.23
<i>Platimiscium yucatanum</i>	0.61	23	1.83	7.75	0.34	0.54	4.10	0.18
<i>Quararibea funebris</i>	0.48	27	3.02	7.63	0.29	2.09	5.85	0.22
<i>Schizolobium parahibum</i>	0.30	33	4.26	9.39	0.28	1.65	5.34	0.16
<i>Swietenia macrophylla</i>	0.42	27	2.21	6.11	0.22	0.86	4.27	0.16
<i>Terminalia amazonia</i>	0.61	27	2.20	6.99	0.26	1.19	5.28	0.19
<i>Vatarea lundellii</i>	0.56	23	2.13	7.18	0.30	1.18	4.69	0.20
<i>Vochysia hondurensis</i>	0.43	31	3.76	7.66	0.25	-	3.31	0.11

PSF = punto de saturación de la fibra
 INT. = porcentaje de contracción del punto de saturación de la fibra al CHE
 TOTAL = porcentaje de contracción del punto de saturación de la fibra al 0% de humedad
 COEF. = relación entre el valor de la contracción total y el punto de saturación de la fibra
 REL CT/CR = relación entre el valor de la contracción tangencial total y el valor de la contracción radial total

De los tablones destinados a las pruebas mecánicas (fig. 4), se cortaron prismas de 6 por 6 cm, los cuales fueron cepillados y escuadrados. Para los ensayos en condición "verde" se dimensionaron a 5 por 5 cm con una tolerancia de 0.01 mm. Con los destinados para ensayos en seco se armó una pila de secado; los extremos de los prismas se sellaron con parafina para evitar el agrietamiento por una pérdida drástica de humedad. Se seleccionaron aleatoriamente algunas piezas para pesarse cada dos semanas y así poder determinar el momento en que alcanzaron el contenido de humedad en equilibrio.

Subsecuentemente se desmontó la pila y se procedió a cepillar y escuadrar las piezas y a marcar las probetas. Para ambas condiciones se procedió de igual manera en la selección de las probetas: una vez cepilladas las piezas se buscaron aquellas porciones que no presentaran defectos como: desviación de la fibra, nudos, grietas o pudrición. Primero se marcaron las probetas de flexión estática por ser las de mayor longitud, en su caso, se aceptó una desviación de la fibra hasta de 1/20 y nudos con diámetro menor de un centímetro, sólo en los extremos. Despues se marcaron las de compresión paralela, para ellas no se aceptó desviación de la fibra, ni presencia de nudos. Finalmente, se marcaron las de compresión perpendicular y las de cortante, donde se aceptó una desviación de la fibra hasta de 1/15, pero no se aceptaron nudos. En ningún caso se aceptaron grietas ni presencia de pudrición o manchado.

A excepción de la selección y el marcado de las probetas, y de que los especímenes para ensayos en seco no se acondicionaron a un contenido de humedad constante del 12% por la falta de una cámara de condiciones ambientales controladas, el resto de las pruebas se hizo acorde con lo descrito en las normas ASTM. Al término de cada ensayo, se cortó una muestra para la determinación del contenido de humedad y de la densidad relativa. Para cada tipo de prueba y por especie se calcularon, la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación de los resultados en cada una de las dos condiciones. Los resultados de los ensayos en seco se ajustaron a un contenido

de humedad del 12%, utilizando los porcentajes de cambio en los valores de resistencia por aumento o disminución del CH, que se presentan en Brown et al. (1952), el rango de variación del CH en esta condición para todos los resultados obtenidos fue de entre 10 y 16%. Los valores ya ajustados se presentan en la tabla 6. Los resultados para la condición "verde" se presenta en la tabla 7. En ambos casos las especies están en orden descendente de densidad relativa. En la tabla 8 se presenta el número de probetas ensayadas para cada especie por tipo de prueba y condición así como los coeficientes de variación obtenidos.

Pruebas de durabilidad

Se realizaron ensayos para obtener índices de durabilidad y de resistencia natural. La durabilidad se refiere a la resistencia que presenta cualquier especie de madera al ataque de agentes biodegradadores combinados (hongos, insectos o bacterias) y al intemperismo (lluvia, viento, rayos ultravioletas) (Pérez, 1980), mientras que la resistencia natural se refiere a la resistencia que presenta la madera al ataque de un agente biodegradador específico.

Para la obtención de los índices de durabilidad, se diseñó una prueba en condiciones de servicio de las llamadas de "área cementerio", tal y como está especificado en la normas ASTM D-1758 (ASTM, 1972) y AWPA M7-69 (AWPA, 1974), para pruebas con estacas en el campo, pero omitiendo los puntos referentes al uso de preservadores y el criterio para suspender la prueba.

a) selección del material

El material fue seleccionado de las tablas que se utilizaron en la prueba de secado (fig. 4). Era material proveniente de duramen sano, sin ataque visible de hongos o insectos, sin presencia de nudos, grano desviado o entrecruzado y secado al aire libre acorde con el siguiente procedimiento: por cada troza se seleccionaron dos tablas de duramen las cuales fueron aserradas en piezas de 2 x 2 x 45 cm, tantas como fuera posible.

Tabla 6. Resultados de ensayos mecánicos ajustados al 12% CH

ESPECIE	DR pa/vv	FLEXION ESTATICA				COMPRESION			
						PARALELA			
		ELP kg/cm ²	MOR kg/cm ²	MOE kg/cm ² *1000	TLP cm- kg/cm ³	ELP kg/cm ²	EMAX kg/cm ²	MOE kg/cm ² *1000	ECP kg/cm ²
<i>Manilkara zapota</i>	0.86	824	1765	192	0.1957	554	852	216	159
<i>Dialium guianense</i>	0.79	987	1742	185	0.2930	552	886	208	202
<i>Astronium graveolens</i>	0.72	963	1395	158	0.3255	576	787	167	135
<i>Mirandaceltis monoica</i>	0.69	708	1164	124	0.2264	361	592	125	133
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	0.69	878	1446	168	0.2579	642	822	190	130
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.65	661	1017	118	0.2054	414	654	147	123
<i>Ampelocera hottlei</i>	0.64	732	1114	131	0.2313	436	658	136	95
<i>Licania platypus</i>	0.62	707	1164	141	0.1968	464	645	184	81
<i>Terminalia amazonia</i>	0.61	693	1186	143	0.1882	402	583	151	85
<i>Platimiscium yucatanum</i>	0.61	778	1158	127	0.2685	468	635	135	89
<i>Mosquitoxylum jamaicense</i>	0.59	728	1200	133	0.2276	500	694	162	102
<i>Vatairea lundelli</i>	0.56	642	1044	118	0.1954	402	572	129	81
<i>Calophyllum brasiliense</i>	0.54	744	1128	129	0.2417	404	642	145	69
<i>Lysiloma acapulcensis</i>	0.52	598	934	119	0.1681	444	582	143	77
<i>Guarea glabra</i>	0.51	684	1028	128	0.2059	495	632	143	83
<i>Quararibea funebris</i>	0.48	502	769	104	0.1347	309	422	107	47
<i>Vochysia hondurensis</i>	0.43	424	661	92	0.1096	204	302	100	38
<i>Swietenia macrophylla</i>	0.42	524	850	101	0.1528	374	454	100	65
<i>Cedrela odorata</i>	0.36	530	672	84	0.1829	231	274	96	41
<i>Schizolobium parahybum</i>	0.30	306	361	66	0.0795	225	273	77	36

Tabla 7. Resultados de ensayos mecánicos en condición verde

ESPECIE	DR pa/vv	FLEXION ESTATICA				COMPRESSION				
						PARALELA			PERP.	
		ELP kg/cm ²	MOR kg/cm ²	MOE kg/cm ² *1000	TLP cm- kg/cm ³	ELP kg/cm ²	EMAX kg/cm ²	MOE kg/cm ² *1000	ELP kg/cm ²	
<i>Manilkara zapota</i>	0.86	788	1112	165	0.2110	440	587	216	156	
<i>Dialium guianense</i>	0.79	690	1140	163	0.1665	426	533	174	123	
<i>Astronium graveolens</i>	0.72	602	937	124	0.1674	386	467	151	90	
<i>Mirandaceltis monoica</i>	0.69	468	749	102	0.1214	246	337	116	87	
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	0.69	754	1206	153	0.2095	370	443	164	92	
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.65	481	837	106	0.1212	235	294	105	68	
<i>Ampelocera hottlei</i>	0.64	410	744	108	0.0872	239	317	111	67	
<i>Licania platypus</i>	0.62	436	635	111	0.0985	222	285	137	44	
<i>Terminalia amazonia</i>	0.61	422	746	118	0.0859	269	375	152	66	
<i>Platimiscium yucatanum</i>	0.61	612	938	122	0.1726	289	350	114	66	
<i>Mosquitoxylum jamaicense</i>	0.59	421	738	97	0.1067	266	355	110	42	
<i>Vatairea lundellii</i>	0.56	466	718	108	0.1143	281	368	128	55	
<i>Calophyllum brasiliense</i>	0.54	473	749	107	0.1177	270	345	116	49	
<i>Lysiloma acapulcensis</i>	0.52	407	654	105	0.0915	203	249	118	43	
<i>Guarea glabra</i>	0.51	457	665	103	0.1173	266	328	119	55	
<i>Quararibea funebris</i>	0.48	343	542	87	0.0751	138	166	115	-	
<i>Vochysia hondurensis</i>	0.43	233	385	65	0.0477	125	155	74	22	
<i>Swietenia macrophylla</i>	0.42	382	637	86	0.0943	215	275	86	32	
<i>Cedrela odorata</i>	0.36	240	378	59	0.0546	--	--	--	19	
<i>Schizolobium parahybum</i>	0.30	208	278	54	0.0449	118	138	65	15	

Tabla 8. Número de probetas y coeficientes de variación para cada especie por tipo de prueba

ESPECIE	DR	FLEXION ESTATICA					COMPRESIÓN					DU	
		*	ELP	MOR	MOE	TLP	PARALELA				PERP		
							*	ELP	EMAX	MOE	*	ECP	
<i>Manilkara zapota</i>	9	1	--	--	--	--	4	6	5	4	2	6	8
		6	10	8	7	18	6	14	7	12	6	14	9
<i>Dialium guianense</i>	10	2	--	2	1	--	5	10	3	5	5	1	10
		6	16	13	6	30	5	14	5	13	6	15	11
<i>Astronium graveolens</i>	16	1	--	--	--	--	3	8	2	16	2	12	27
		4	21	11	6	36	6	23	24	16	6	27	25
<i>Mirandaceltis monoica</i>	10	6	12	11	11	16	6	9	11	16	8	15	14
		5	19	19	15	17	6	17	9	4	4	23	12
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	13	5	17	15	15	23	7	13	8	7	7	8	13
		4	7	5	8	18	8	26	22	18	7	31	19
<i>Brosimum alicastrum</i>	4	2	7	3	5	8	3	16	9	9	3	9	6
		1	--	--	--	--	2	10	4	8	1	--	--
<i>Ampelocera hottlei</i>	4	6	8	10	6	20	6	10	4	3	8	13	11
		4	15	13	6	25	6	17	13	11	2	2	8
<i>Licania platypus</i>	3	3	11	13	12	9	3	10	4	12	3	10	7
		3	13	6	7	34	2	2	10	3	2	3	6
<i>Terminalia amazonia</i>	11	2	--	5	8	9	4	23	6	15	4	9	13
		5	10	6	11	23	6	11	7	11	6	19	25
<i>Platimiscium yucatanum</i>	5	6	11	13	13	21	7	11	7	11	6	18	16
		3	4	4	7	15	5	19	13	12	6	11	26
<i>Mosquitoxylum jamaicense</i>	14	4	23	17	7	41	7	16	11	12	7	18	14
		4	32	20	18	49	5	33	18	17	7	32	42
<i>Vatairea lundelli</i>	7	5	10	6	10	15	5	15	12	13	6	13	22
		4	19	9	9	31	5	13	9	8	5	9	15
<i>Calophyllum brasiliense</i>	6	3	9	7	2	19	2	2	16	30	3	17	28
		6	8	11	13	14	6	23	16	6	6	22	20
<i>Lysiloma acapulcensis</i>	10	4	12	18	8	18	7	15	12	12	7	18	27
		4	12	5	14	30	4	16	10	12	4	14	17
<i>Guarea glabra</i>	6	6	6	13	15	14	6	7	10	14	8	7	19
		5	7	13	14	25	5	6	5	16	6	8	10
<i>Quararibea funebris</i>	4	1	--	--	--	--	2	8	2	1	1	--	--
		1	--	--	--	--	2	16	17	10	--	--	--
<i>Vochysia hondurensis</i>	12	6	6	14	16	11	6	13	10	14	7	16	27
		6	16	10	10	30	4	11	3	13	5	14	21
<i>Swietenia macrophylla</i>	6	4	9	11	3	19	4	5	12	5	6	24	19
		5	3	1	5	8	6	27	27	17	3	12	9
<i>Cedrela odorata</i>	9	6	11	12	4	18	4	24	22	16	6	7	10
		5	19	14	19	20	-	-24	-	-	5	16	11
<i>Schizolobium parahybum</i>	17	6	13	20	6	20	4	27	13	16	5	27	19
		4	21	19	24	24	5	27	22	27	4	25	6

NOTA Los números en negrillas corresponden a la condición verde; los normales a los valores ajustados al 12% CH

* Número de probetas

De las estacas obtenidas, se seleccionaron 6 por cada troza, aquellas que no tuvieran defectos, haciendo un total de 18 por árbol y 36 por especie. A cada estaca se le colocó una placa de aluminio marcada con el número del árbol, la letra de la troza y un dígito que correspondió a una numeración progresiva, de la que los primeros 6 números eran para las estacas de la primera troza del árbol 001; del 7 al 12 se marcaron las estacas de la segunda troza de ese mismo árbol, del 13 al 18 se marcaron las de la tercera troza, del 19 al 24 le correspondieron a la primera troza del segundo árbol colectado y así sucesivamente hasta terminar con todo el material.

Los especímenes de prueba fueron secados en estufa, por un periodo de cinco días a una temperatura constante de 60°C. Al finalizar el secado su peso fue registrado como peso inicial. Se hizo un sorteo aleatorio para determinar el lugar en que cada probeta iba a ser colocada en el área "cementerio", con separaciones a 60 cm entre cada hilera y a 40 cm entre cada estaca dentro de una hilera. En un croquis del área se registró el lugar que le correspondió a cada estaca para su posterior identificación, en caso de pérdida de la placa de aluminio.

b) descripción de la zona de pruebas

Se seleccionaron dos áreas "cementerio", cada una con características propias de clima y suelo, para obtener datos más representativos. La primera se localiza a 2.5 km de la ciudad de Xalapa, Veracruz a 1285 msnm, en el Jardín Botánico "Francisco Javier Clavijero". Es un bosque caducifolio de crecimiento secundario con una temperatura media anual de 17.8°C, siendo la máxima en el año de 31.4°C y la mínima de 7.2°C, y una precipitación pluvial media anual de 1485 mm.

La segunda área se encuentra localizada en la Estación Biológica del Morro de la Mancha, en el estado de Veracruz. Es selva mediana perennifolia con una altura de aproximadamente 30 msnm, temperatura media anual de 24°C, con una máxima de 34°C y una mínima de 16°C y una precipitación pluvial media anual que va de 1200 a 1500 mm (Gómez-Pompa, et al, 1972).

En ambos casos se escogieron zonas que no hubieran tenido cultivos en un periodo de por lo menos cinco años, y en las cuales no hubiera residuos de insecticidas o fungicidas. Las dos áreas fueron cercadas para evitar que fueran perturbadas durante el tiempo que durara la prueba.

c) revisiones periódicas

Se hicieron revisiones cada tres meses los primeros dos años y después se espaciaron a cada seis meses. Durante estas visitas se registraba el estado físico de cada estaca así como la presencia de agentes biodegradadores o huéspedes. Con el fin de acelerar la obtención de los índices de durabilidad se diseñó una prueba en la cual a cada estaca se aplicaba una carga en el extremo opuesto al que estaba en contacto con el suelo para probar su resistencia mecánica (fig. 8), ya que ésta está altamente correlacionada con la presencia o ausencia de pudrición.

La carga que se aplicaba a cada especie fue calculada tomando como base el 5° percentil del valor del Módulo de Ruptura (MOR) para madera "verde". Estos valores se agruparon en cuatro categorías para aplicar las cargas, según la especie. Las probetas que fallaban en cada revisión eran removidas y llevadas al laboratorio, las que pasaban la prueba se enterraban nuevamente.

Las estacas falladas eran revisadas en el laboratorio para determinar la causa de la falla, y secadas al horno a una temperatura de 60°C, hasta alcanzar peso constante, el cuál era registrado como peso final.

Cuando el 50% de las estacas correspondientes a un especie falló en la prueba de flexión, se consideró que la prueba había concluido para esa especie.

d) resultados

Para evaluar la durabilidad natural de las maderas se tomó en cuenta el periodo de tiempo transcurrido hasta que falló el 50% de las estacas correspondientes a una especie.

La pérdida de peso no se tomó como un criterio de clasificación final al encontrar que

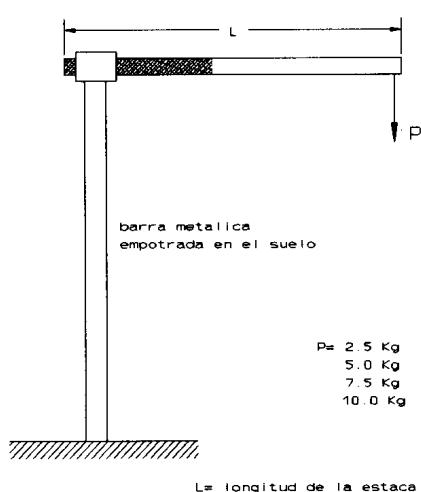


Figura 7. Prueba de flexión en áreas cementerio

aún con un porcentaje muy pequeño de diferencia, las probetas fallaban en la prueba de flexión. Esto es adjudicado a las diferencias que existen entre el modo de ataque de los hongos que causan la pudrición morena y los que causan la pudrición blanca (Pérez, et al., 1985), por lo que se concluyó que este método no es válido para pruebas de durabilidad natural. Las maderas se clasificaron de acuerdo con la tabla 9 y los resultados se presentan en la tabla 10.

Pruebas de resistencia natural al ataque por termitas de madera seca (*Cryptotermes brevis*).

Las termitas de madera seca son los insectos de mayor importancia económica como agentes causadores de daño a estructuras de madera en México (Pérez, 1980). La prueba se basó en la metodología propuesta por Williams, 1973, aunque con modificaciones que significan la aportación original de los investigadores del LACITEMA.

a) selección del material

Del material destinado ex profeso para este tipo de prueba (fig. 4), se seleccionaron tablas de duramen sin defectos. Para cada especie se obtuvieron 5 bloques sin importar de qué árbol provenían. Los bloques eran de forma prismática de 25 x 25 x 50 mm.

Cada bloque fue marcado con una letra del alfabeto (de la A a la E) y el número del árbol de donde fue cortada. Fueron puestos a secar en un horno a una temperatura constante de 50 C, hasta que alcanzaron su peso constante en aproximadamente 48 horas. El peso obtenido se registró como el peso inicial.

Las termitas se obtuvieron de material infestado (piezas de madera con visible ataque de termitas) colectado en los alrededores de Xalapa. Se seleccionaron individuos adultos (seudobreras mayores al tercer estadio) que fueron sometidos a un proceso de autoselección con el fin de obtener a las más activas y resistentes: se formaron grupos de 25 individuos, cada uno de los cuales fue colocado en un vaso de precipitado de 10 ml, y éste fue colocado en forma casi perpendicular sobre otro vaso de las mismas características, con el fin de que las termitas más activas pasaran de un recipiente al otro. Pasadas veinticuatro horas se repitió el mismo proceso, hasta que finalmente quedaron veinte individuos que fueron los que se utilizaron para el experimento.

En cada bloque de madera se colocó un pieza de papel filtro en una de sus caras tangenciales; sobre ésta se colocó, de forma invertida, el vaso de precipitados conteniendo las termitas ya seleccionadas. Se selló la unión del vaso con el prisma de madera con goma no tóxica y se fijaron ambos con cinta adhesiva para evitar cualquier movimiento. Las probetas fueron colocadas en un cuarto de condiciones controladas (26°C de temperatura y 80% de humedad relativa) donde permanecieron por un período de 110 días.

Tabla 9. Clasificación de durabilidad

TIEMPO DE EXPOSICION	CLASIFICACION
12 - 24 meses	no durables
24 - 48 meses	mod. durables
más de 48 meses	durables

Tabla 10. Resultados de la prueba de durabilidad natural

ESPECIE	CLASIFICACION
<i>Brosimum alicastrum</i> <i>Licania platypus</i> <i>Quararibea funebris</i> <i>Schizolobium parahybum</i>	no durables
<i>Ampelocera hottlei</i> <i>Mirandaceltis monoica</i> <i>Platymiscium yucatanum</i> <i>Swietenia macrophylla</i> <i>Vochysia hondurensis</i>	mod. durables
<i>Astronium graveolens</i> <i>Calophyllum brasiliense</i> <i>Cedrela odorata</i> <i>Dialium guianense</i> <i>Lonchocarpus castilloi</i> <i>Lysiloma acapulcensis</i> <i>Manilkara zapota</i> <i>Mosquitoxylum jamaicense</i> <i>Terminalia amazonia</i> <i>Vatairea lundellii</i>	durables

a) revisiones periódicas

Cada tercer día se hicieron revisiones para tomar datos de las condiciones de los individuos, índice de mortalidad y cualquier cambio que presentaran, así como de las condiciones de la madera para registrar su degradación progresiva como consecuencia del ataque de los insectos, cuando lo hubiera.

Al finalizar el experimento, los especímenes de prueba fueron desmontados. Los ejemplares de termitas con vida, fueron contados y aislados. A los bloques de madera les fueron removidos los residuos orgánicos y cadáveres. Cuando presentaban perforaciones

muy profundas, fueron cortados con el fin de limpiarlos y remover las termitas que aún estuvieran vivas.

Cuando estuvieron limpios, las bloques se secaron en un horno por un período de 48 horas, a una temperatura constante de 50 °C, para obtener el peso final en seco.

b) resultados

Se calculó la pérdida de peso en porcentaje, de cada bloque, usando el peso inicial y el peso final. Posteriormente se obtuvo la media de las cinco repeticiones para obtener el valor de pérdida de peso por

especie. También se calculó el índice de mortalidad, como la relación de la mortalidad con respecto al número de días que duró el experimento.

La pérdida de peso calculada muchas veces no era claramente representada por el estado aparente de los bloques, por lo que también se efectuó una clasificación visual del daño sufrido por cada espécimen, que fue con la que finalmente se realizó la clasificación de la madera (Pérez, *et al.*, 1985). Los criterios para dicha clasificación se presentan en la tabla 11.

Una vez obtenidos los promedios por especie se hizo un análisis estadístico, formándose tres grupos de resistencia: altamente resistentes con un índice entre 0 y 1.4; moderadamente resistentes con un índice entre 1.5 y 2.4 y no resistentes con índices entre 2.5 y 3. Los resultados finales se enlistan en la tabla 12.

PROPOSICION DE USOS

Una vez obtenidos los resultados, se elaboró una ficha tecnológica para cada especie, cubriendo los aspectos de nombre científico, nombres comunes, características macroscópicas de la madera y el árbol, propiedades mecánicas en verde y al 12% de contenido de humedad, secado, incluyendo velocidad y defectos de secado y punto de saturación de la fibra, resistencia al ataque de termitas y durabilidad natural (Apéndice I). Posteriormente y utilizando las tablas de clasificación para las diferentes propiedades de la madera que presentadas en Bárcenas, 1985, Echenique, *et al.*, 1975 y Echenique y Plumtree, 1991 (Apéndice II), se calificaron los resultados obtenidos, para comparar las especies con los requerimientos establecidos para cada uno de los usos propuestos.

Las características se listan en orden de importancia, en primer lugar la o las que son determinantes para los requerimientos de cada uso y así sucesivamente conforme van siendo menos significativas. Las especies que reunieron mayor número de características requeridas para un uso específico fueron agrupadas para ese uso.

Ejemplo:

Usos estructurales en exteriores e interiores: se tomaron en cuenta los requerimientos para madera en exteriores

- Resistencia mecánica alta en relación con su densidad relativa
- Buena disponibilidad al clavado, atornillado y conectores metálicos
- Durabilidad natural alta
- Buena estabilidad dimensional
- Buena disponibilidad a la impregnación.
- Fácil a moderadamente difícil de aserrar

Características de *Platimiscium yucatanum*

- Pertenece al Grupo II de densidad relativa, valores de resistencia mecánica de media a alta
- Dureza media
- Moderadamente resistente en contacto con el suelo
- Relación CT/CR 2. Dimensionalmente estable
- Moderadamente fácil de impregnar
- Moderadamente difícil de aserrar.

Este tipo de análisis se hizo para cada uso, quedando los grupos formados de la siguiente manera:

1. Usos estructurales para exteriores

Especies propuestas:

Las especies correspondientes a los grupos II y III de densidad relativa (0.45 a 0.69 pa/vv), con excepción de *Brosimum alicastrum*, *Licania platopus* y *Quararibea funebris* que presentan baja durabilidad natural. Estas especies pueden utilizarse para estructuras en interiores.

Mirandaceltis monoica
Lonchocarpus castilloi
Ampelocera hottlei
Terminalia amazonia
Platimiscium yucatanum
Mosquitoxylum jamaicense
Vatairea lundellii
Calophyllum brasiliense

Tabla 13. Calificación visual del daño en la prueba de resistencia natural

CALIFICACION	SEVERIDAD DEL DAÑO
0	sin daño
1	daño ligero, superficie rasguñada
2	daño medio, perforaciones poco profundas
3	daño grave, presencia de galerías profundas

Tabla 14. Resultados de resistencia natural al ataque por *Cryptotermes brevis* por clasificación visual del daño

CLASIFICACION DE RESISTENCIA	ESPECIE	CLASIFICACION VISUAL
Altamente resistentes	<i>Vatairea lundellii</i> <i>Platimiscium yucatanum</i> <i>Mirandaceltis monoica</i> <i>Lonchocarpus castilloi</i> <i>Lysiloma acapulcensis</i> <i>Ampelocera hottlei</i> <i>Manilkara zapota</i> <i>Astronium graveolens</i> <i>Cedrela odorata</i> <i>Guarea glabra</i>	0.8 0.8 1.0 1.0 1.0 1.2 1.2 1.4 1.4 1.6
Medianamente resistentes	<i>Swietenia macrophylla</i> <i>Licania platypus</i> <i>Brosimum alicastrum</i> <i>Guarea glabra</i>	1.8 2.0 2.0 2.0
Poco resistentes	<i>Vochysia hondurensis</i> <i>Schizolobium parahybum</i>	2.8 3.0

Guarea glabra
Lysiloma acapulcensis

indentada, resistencia mecánica mediana, textura media e hilo o grano de recto a entrecruzado.

Para usos estructurales en interiores
se obvia el rubro de durabilidad natural y se satisfacen todos los demás.

Especies propuestas:

Mirandaceltis monoica
Ampelocera hottlei
Terminalia amazonia
Platimiscium yucatanum
Vatairea lundellii
Calophyllum brasiliense
Guarea glabra
Lysiloma acapulcensis
Vochysia hondurensis
Swietenia macrophylla
Cedrela odorata

2. **Usos no estructurales en exteriores**
Se requiere facilidad para ser maquinado y lijado, buena disponibilidad de ser clavado y atornillado, resistencia a las termitas y buena durabilidad natural, buena disponibilidad a la aplicación y retención de preservadores, buena estabilidad dimensional, baja tendencia a las distorsiones, resistencia a ser rayada o

3. Mangos de herramienta

Alta resistencia al impacto, resistencia al rajado, buenas características de maquinado y lijado, grano de recto a entrecruzado, dureza lateral alta, lustre alto, textura de media a alta, buena estabilidad dimensional.

Especies propuestas:

- Astronium graveolens*
- Ampelocera hottlei*
- Brosimum alicastrum*
- Licania platypus*
- Terminalia amazonia*
- Platimiscium yucatanum*
- Mosquitoxylum jamaicense*
- Vatairea lundellii*
- Calophyllum brasiliense*
- Guarea glabra*
- Lysiloma acapulcensis*
- Quararibea funebris*
- Vochysia hondurensis*

4. Carpintería en general

Buenas características de maquinado y acabado, fácil de ser trabajada con herramientas eléctricas y manuales, resistencia mecánica de media a alta, buena disponibilidad al pegado y al uso de clavos, tornillos y conectores metálicos, resistencia a las termitas de madera seca, estabilidad dimensional de baja a media.

Especies propuestas:

- Mirandaceltis monoica*
- Licania platypus*
- Terminalia amazonia*
- Mosquitoxylum jamaicense*
- Calophyllum brasiliense*
- Guarea glabra*
- Quararibea funebris*
- Vochysia hondurensis*

5. Ebanistería

Fáciles de maquinar y con buenos acabados, afinidad con tintas y barnices, buena disponibilidad para ser clavadas, atornilladas a los conectores metálicos, textura de media a alta, lustre

alto, grano de recto a entrecruzado, resistencia mecánica media.

Especies propuestas:

Color claro

- Brosimum alicastrum*
- Cedrela odorata*
- Guarea glabra*
- Mosquitoxylum jamaicense*
- Terminalia amazonia*

Color oscuro

- Astronium graveolens*
- Calophyllum brasiliense*
- Dialium guianense*
- Lysiloma acapulcensis*
- Platimiscium yucatanum*
- Swietenia macrophylla*
- Vatairea lundellii*
- Vochysia hondurensis*

6. Productos torneados

Fáciles de maquinar y con buenos acabados, grano de recto a entrecruzado, dureza alta, lustre alto, textura de media a alta, color y veteado atractivo, estabilidad dimensional alta, afinidad con acabados transparentes, resistencia mecánica media.

Especies propuestas:

Color claro

- Brosimum alicastrum*
- Mosquitoxylum jamaicense*
- Guarea glabra*
- Cedrela odorata*
- Terminalia amazonia*

Color oscuro

- Lysiloma acapulcensis*
- Vochysia hondurensis*
- Swietenia macrophylla*
- Astronium graveolens*
- Mirandaceltis monoica*
- Lonchocarpus castilloi*
- Ampelocera hottlei*
- Platimiscium yucatanum*

7. Construcción con pilotes

Alta resistencia mecánica, resistencia al ataque de taladradores marinos, alta

durabilidad natural en las condiciones de alto riesgo, especies con fuste recto y pocos defectos

Especies propuestas:

Las especies correspondientes al Grupo I y algunas selectas del Grupo II.

Manilkara zapota
Dialium guianense
Astronium graveolens
Lonchocarpus castilloi
Terminalia amazonia
Mosquitoxylum jamaicense
Vatairea lundellii

8. Cajas y empaques

Facilidad de aserrado, buena disponibilidad al clavado, atornillado y al uso de adhesivos, resistencia mecánica media a alta, resistencia al impacto de media a alta, dureza media, resistencia al ataque de termitas o ser fácil de tratar, grano de recto a entrecruzado.

Especies propuestas:

Licania platypus
Vatairea lundellii
Guarea glabra
Lysiloma acapulcensis
Quararibea funebris
Vochysia hondurensis
Schizolobium parahybum

En el caso de *Vochysia hondurensis* y *Schizolobium parahybum* se recomienda su tratamiento pues ambas son susceptibles al ataque de termitas.

RECONOCIMIENTOS

En el diseño inicial de la metodología de este estudio participaron el Dr. Frederick F. Wangaard, profesor emérito de la Universidad Estatal de Colorado, EUA, el Dr. Ramón Echenique M., ex-director del LACITEMA y el Ing. Raymundo Dávalos S.

La colecta fue realizada por el M.C. Víctor Pérez Morales, el Biól. Tomás Carmona V., el Ing. Raymundo Dávalos S. y

los técnicos Ismael Calzada y Alberto Villa A.

Los trabajos de biodeterioro fueron planeados, supervisados y realizados en parte por el M.C. Víctor Pérez Morales.

Las figuras fueron realizadas por Ignacio Salomón Q. y Reyna Paula Zárate M.

REFERENCIAS

- American Society for Testing and Materials, 1972. *Annual book of standards*. Part 22. Wood and Adhesives. Philadelphia, Pa.: D-143. Small clear specimens of timber. pp 47-72. D-1758. Evaluating wood preservatives by field tests with stakes. pp 374-382.
- American Wood Preservers' Association. 1974. *Evaluating wood preservatives by field tests with stakes*. American Wood Preservers' Association Standards. M7. Stevensille, Md.
- Barajas M.J., S. Rebollar D. y R. Echenique M. 1979. *Anatomía de maderas de México no. 2. Veinte especies de la Selva Lacandona*. Biótica 4(4): 163-193
- Barcenas P., G.M., R. Romero R., y R. Echenique M. 1980. *Especies maderables de la Selva Lacandona*. La Madera y su uso no. 6. LACITEMA-INIREB. Xalapa, Ver. 27 p.
- Barcenas P., G.M., 1985. *Recomendaciones de el uso de 80 especies de acuerdo con su estabilidad dimensional*. Nota Técnica no.11. LACITEMA-INIREB. Xalapa. Ver. 14 p
- Brown, H.P., A.J. Panshin y C.C. Forsaith. 1952. *Textbook of wood technology*. Vol. II. McGraw-Hill Book Co. Inc. Nueva York. 9 518.
- Dickinson, E., R.W. Hess y F.F. Wangaard, 1949. *Properties and uses of tropical woods I. Tropical Woods* no. 95. School of Forestry. Yale University. New Haven, Conn. pp 19-22
- DGIF. 1976. *Inventario forestal del Estado de Chiapas*. SFF/ SARH México. 58 p.
- Echenique M., R., J. Barajas M., L. Pinzón P. y V. Pérez M. 1975. *Estudio botánico ecológico de la región del río Uxpanapa, Veracruz*. No. 1. *Características*

- tecnológicas de diez especies. INIREB. Xalapa, Ver. pp 62 y 65.
- Echenique, M.,R. y R.A. Plumptre. 1990. A guide to the use of Mexican and Belizean timbers. Tropical Forestry Papers no. 20. Oxford Forestry Institute. University of Oxford.
- Gómez-Pompa, A. 1972. Ecología de la vegetación del Estado de Veracruz. INIREB. Xalapa, Ver. 91 p.
- Miranda, F. 1952. La vegetación de Chiapas. 2a Ed. Capítulo III. Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Gtz. Chis.
- Ordóñez C., V.R., G.M. Bárcenas P. y A. Quiroz S., 1989. Características físico-mecánicas de la madera de diez especies de San Pablo Macuitianguis, Oaxaca. Boletín Técnico La Madera y su Uso no. 21. Instituto de Ecología - UAM. Xalapa, Ver. 30 pp.
- Ortega E., F., I. Castillo M. y T.F. Carmona V. 1993. Angiospermas arbóreas de México no. 3: Anatomía de la madera de veintiséis especies de la Selva Lacandona, Chiapas. La Madera y su Uso no. 26. Instituto de Ecología. LACITEMA. Xalapa, Ver.
- Pearson, R.G. y E.J. Williams, 1969. Sampling of timber for evaluation of species properties. FPT Note no. 5. Division of Forests Products. CSIRO. South Melbourne. 31 p.
- Pérez M., V. 1980. Biodeterioro y preservación. Apuntes Ciencia y Tecnología de la Madera. Curso interno LACITEMA - INIREB. Xalapa, Ver.
- Pérez M., V., G. Segura W. y J.L. Brunhuber M. 1985. Resistencia natural de 18 especies de maderas mexicanas contra el ataque de termitas de madera seca *Cryptotermes brevis* (Kalotermitidae). Memorias del III Simposio Nacional de Parasitología Forestal. Saltillo. Coah.
- Wangaard, F.F. 1951. Tests and properties of tropical woods. Proceedings of Tropical Forests Products Research Society no. 5. New Haven, Connecticut. pp. 206-214.
- Western Wood Products Association. 1981. Western Lumber Grading Rules 81. Portland, Oregon. pp. 194-197.
- Williams, R.M. 1973. Evaluation of field and laboratory methods for testing termite resistance of timber and building materials in Ghana, with relevant biological studies. Tropical Pest Bulletin no. 3. Centre for Overseas Pest Research. Wrights Lane, London. 64 p.

APENDICE I
***Platimiscium yucatanum* Standley**

NOMBRES COMUNES		Granadillo; Chiapas: hormiguillo, chulul; Veracruz: chagane				
DISTRIBUCION		En la vertiente del Golfo: Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo y norte de Oaxaca.				
CARACTERISTICAS DEL ARBOL	ALTURA		15 -30			
	D.A.P.		0.80			
	FORMA DEL TRONCO		recto			
CARACTERISTICAS DE LA MADERA	COLOR	ALBURA	pardo pálido			
		DURAMEN	pardo rojizo claro			
	OLOR	no característico				
	SABOR	no característico				
	TEXTURA	media				
	HILO	recto a ligeramente entrecruzado				
	LUSTRE	mediano				
	VETEADO	pronunciado				
	DURABILIDAD			moderada		
RESISTENCIA NATURAL A TERMITAS DE MADERA SECA			alta			
CARACTERISTICAS FISICAS				CLASIFICACION		
DENSIDAD RELATIVA (PA/VV)				0.61 mediana		
CONTRACCIONES (%)	LINEAL TANGENCIAL		TOTAL	7.75 alta		
			INTERMEDIA	1.83		
			COEFICIENTE	0.34 estable		
	LINEAL RADIAL		TOTAL	4.10 alta		
			INTERMEDIA	0.54		
			COEFICIENTE	0.18 estable		
	RELACION CT/CR (%/%)			1.89 alta		
	VOLUMETRICA	TOTAL	11.32	alta		
		INTERMEDIA	6.62			
		COEFICIENTE	0.49	mod. estable		
PUNTO DE SATURACION DE LA FIBRA (%)				23.00		
ASERRADO				mod. fácil		
SECADO AL AIRE LIBRE (75% HR Y 19 C)	VELOCIDAD (días)		136			
	DISTORSIONES		ACANALAMIENTO			
			ALABEO DE CANTO			
			ARQUEAMIENTO			
			ALABEO ESPIRALADO			
	GRIETAS		RADIALES			
			ANULARES			
			LATERALES			
	escasas					

Platimiscium yucatanum ...cont

CARACTERISTICAS DE RESISTENCIA MECANICA				CLASIFICACION
FLEXION ESTATICA	ESFUERZO AL LIMITE PROPORCIONAL (kg/cm ²)	verde	612	
		12%	778	alto
	MODULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	verde	938	
		12%	1158	mediano
	MODULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²) X 1000	verde	122	
		12%	127	mediano
	TRABAJO AL LIMITE PROPORCIONAL (kg-cm/cm ³)	verde	0.1726	
		12%	0.2685	
COMPRESION PARALELA AL GRANO	ESFUERZO AL LIMITE PROPORCIONAL (kg/cm ²)	verde	289	
		12%	468	alto
	ESFUERZO MAXIMO (kg/cm ²)	verde	350	
		12%	635	mediano
	MODULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²) x 1000	verde	114	
		12%	135	
DUREZA JANKA	LATERAL (kg)	verde	469	
		12%	640	mediano
	EN LOS EXTREMOS (kg)	verde	553	
		12%	782	mediano
COMPRESION PERPENDICULAR AL GRANO	ESFUERZO EN EL LIMITE PROPORCIONAL (kg/cm ²)	verde	66	
		12%	89	mediano
CORTANTE PARALELO AL GRANO	ESFUERZO MAXIMO (kg/cm)	verde	101	
		12%	109	mediano
IMPACTO	TENACIDAD (kg-cm/cm ³)	verde	4.7878	
		12%	3.7785	bajo

APENDICE II
TABLAS DE CLASIFICACION PARA LAS CARACTERISTICAS
TECNOLOGICAS DE LA MADERA

(Bárcenas, 1980; Echenique *et al*, 1975 y Echenique y Plumptre, 1990)

Tabla II.1. Contracciones

CLASIFICACION	CONTRACCION		
	TANGENCIAL (%)	RADIAL (%)	VOLUMETRICA (%)
muy baja	0 - 3.5	0 - 2.0	0 - 5.5
baja	3.6 - 5.0	2.1 - 3.0	5.6 - 8.0
medianas	5.1 - 6.5	3.1 - 4.0	8.1 - 10.5
alta	6.6 - 8.0	4.1 - 5.0	10.6 - 13.0
muy alta	≥ 8.1	≥ 5.1	≥ 13.1

Tabla II.2. Relación CT/CR (*)

CLASIFICACION	(%)
baja	1.00 - 1.70
alta	1.71 - 2.30
muy alta	\geq 2.30

* Indice de susceptibilidad a distorsiones y alabeos

Tabla II.3. Coeficientes de contracción

CLASIFICACION	COEFICIENTE
estable	0.15 - 0.35
moderadamente estable	0.36 - 0.55
no estable	0.56 - 1.00

Tabla II.4. Densidad relativa

CLASIFICACION	GRUPO	DR (pa/vv)
muy pesada	I	\geq 0.70
pesada	II	0.55 - 0.69
mediana	III	0.45 - 0.54
liviana	IV	0.30 - 0.45
muy liviana	V	\leq 0.30

Tabla II.5 Características mecánicas de madera libre de efectos al 12% CH

CLASIFICACION		MUY BAJO	BAJO	MEDIANO	ALTO	MUY ALTO
FLEXION ESTATICA	ELP kg/cm ²	\leq 250	251 - 500	501 - 750	751 - 1000	\geq 1000
	MOR kg/cm ²	\leq 400	401 - 900	901 - 1350	1351 - 1800	\geq 1800
	MOE kg/cm ²	\leq 70	71 - 100	101 - 150	151 - 200	\geq 200
COMPRESION	ELP kg/cm ²	\leq 200	201 - 300	301 - 450	451 - 600	\geq 600
	EMAX kg/cm ²	\leq 300	301 - 450	451 - 700	701 - 950	\geq 950
	ECP kg/cm ²	\leq 35	36 - 75	76 - 120	121 - 175	\geq 175
DUREZA	PERP kg	\leq 200	201 - 400	401 - 800	801 - 1200	\geq 1200
	PAR kg	\leq 250	251 - 500	501 - 1000	1001 - 1500	\geq 1500
CORTANTE EMAX kg/cm ²		\leq 40	41 - 85	86 - 120	121 - 175	\geq 175
TENACIDAD cm-kg/cm ³		\leq 2.07	2.07-3.80	3.81-5.53	5.54 - 7.25	\geq 7.26

APENDICE III

SINONOMIAS DE LAS ESPECIES
ESTUDIADAS
(Ortega, Castillo y Carmona, 1993)

- Ampelocera hottlei** (Standley) Standley:
Celtis hottlei Standley
- Ahanante monoica** (Hemsley) Leroy:
Aphanante mexicana Leroy
Celtis monoica Hemsley
Mirandaceltis monoica (Hemsley) A.J. Sharp
- Brosimum alicastrum** Swartz:
Alicastrum brownei
- Calophyllum brasiliense** Cambess.:
Calophyllum chiapense Standl.
Calophyllum brasiliens Camb. var. *rekoi* (Standl.)
Calophyllum rekoi Standl.
- Dialium guianense** (Aubl.) Sandwith:
Arouna guianensis Aubl.
Arouna divaricata Willd.
Dialium divaricatum Vahl.
Dialium guianensis (Aubl.) Steud.

- Manilkara zapota** (L.) Van Royen:
Achras cosaguico Llave
Achras mammosa L.
Achras sapota L.
Achras zapota L.
Achras zapotilla Nutt.
Manilkara achras (Miller) Fosberg
Manilkara spectabilis Oerst.
Manilkara zapotilla (Jacq.) Gilly
Mimusops americana Standley
Nispero achras Aubreville
Sapota achras Miller
Sapota zapotilla (Jacq.) Coville
Pouteria mammosa (L.) Cronq.
Teminalia amazonia (J.F. Gmelin) Exell
Chuncoa amazonia J.F. Gmelin
Gimbernacia obavata Ruiz & Pav.
Terminalia excelsa Liebm. ex Hemsley
Terminalia haayessi Pittier
Terminalia oborata (Ruiz & Pav.) Steud.
Schizolobium parahybum (Vell.) Blake:
Cassia parahyba Vellozo
Schizolobium excelsum Vogel
Vatairea lundellii (Standley) Killip. ex Record:
Tipuana lundellii Standley