



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**POSGRADO EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS**

FACULTAD DE CIENCIAS

**CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y
POTENCIALIDADES DE LA MADERA DE
ALGUNAS ESPECIES DE LA PENÍNSULA DE
YUCATÁN**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
DOCTORA EN CIENCIAS (BIOLOGÍA)**

P R E S E N T A

SILVIA REBOLLAR DOMÍNGUEZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. PEDRO JESUS HERRERA FRANCO

MÉXICO, D. F.

ENERO, 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

**A todos los seres queridos que forman mi
Gran Familia
Por su constante amor y apoyo que han
permitido realizarme**

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, en cuyas aulas tuve la feliz oportunidad de adquirir conocimientos y cultura.

A la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, Institución noble en la cual encontré mi desarrollo académico y personal.

Al Dr. Roger Armando Antonio Orellana Lanza, quien ha sido un fuerte apoyo y motivación para realizar éste trabajo así como en mi vida académica. Por brindarme siempre lo más valioso que puede recibir un ser humano, su cariño y amistad.

Al Dr. Pedro Jesús Herrera Franco por su inigualable actitud al introducirme en el entendimiento del mundo de los materiales, por su paciencia y comprensión en todo el proceso de éste trabajo.

A todos y cada uno de los miembros del Jurado: Dra. Nelly Diego Pérez, Dra. Lucía Oralia Almeida Leñero, Dr. Sergio Rafael Silvestre Cevallos Ferríz, Dr. Diego Rafael Pérez Salicrup, Dr. Pedro Jesús Herrera Franco, Dra. Teresa Terrazas Salgado y al Dr. Roger Armando Antonio Orellana Lanza, por el tiempo dedicado a la revisión de la tesis, por sus valiosas y atinadas sugerencias, que, gracias a su gran experiencia académica, me han permitido aprender nuevas formas de trabajar, de conceptualizar y de planear propuestas de trabajo que me serán muy útiles no solo en mi vida académica sino también en la personal.

A todos mis compañeros, miembros de la Organización de Ejidos Productores Forestales por su gran aceptación para integrarme en sus actividades de trabajo en las selvas de Quintana Roo, en particular a los Ingenieros Forestales: Victoria Juana Santos Jiménez, Rosa Ledesma Santos y Marcelo Carreón Mundo, quien sin conocerme, me brindó la confianza para introducirme en los ejidos del municipio de Felipe Carrillo Puerto y plantear ante asambleas ejidales mi proyecto de trabajo. Al técnico Jorge Alberto Reyes Pérez, por su apoyo en la colecta y procesamiento de la madera, de quien he aprendido a conocer el comportamiento de algunas especies duras en su maravillosa labor artesanal.

En forma especial al Sr. Dionisio Yam Moo por su apoyo en el trabajo de colecta de la madera, del material botánico y, lo más importante, por participarme de su gran sabiduría en el conocimiento de las selvas de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo.

Al Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) donde me han apoyado en el conocimiento de los recursos naturales de la Península de Yucatán, en el procesamiento de la madera para los ensayos mecánicos y de Microscopía Electrónica de Barrido, pero lo más importante, porque siempre he encontrado un cálido ambiente de trabajo, a todos mis compañeros ¡Gracias! Particularmente al Ing. Alejandro May, por su constante apoyo en el trabajo de laboratorio.

Al Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO), actualmente El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) quien a través del Jardín Botánico Dr. Alfredo Barrera Marín, me brindaron su apoyo en las colectas de las especies maderables, al M. en C. Odilón Sánchez Sánchez, Dra. Ingrid Olmsted (qpd.), Dr. Rafael Durán y a mi entrañable amiga Biol. Silvia Arely Torres Pech (qpd.). En forma particular al Sr. Honorato Huitzil por transmitirme sus conocimientos en el trabajo de monte y en el conocimiento de las especies.

A la Universidad Autónoma de Yucatán, Institución que me acogió en mis estancias académicas, donde encontré no solo el apoyo académico sino una gran amistad y cariño de todos mis compañeros ¡Gracias!.

Al Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB), actualmente Instituto de Ecología A.C. en Xalapa, Veracruz, donde se realizó parte del procesado de la madera en varias etapas de desarrollo del trabajo con las especies de la Península de Yucatán.

A todos mis queridos compañeros que estudian la anatomía y los diversos aspectos de la madera, especialmente a la Dra. Carmen de la Paz Pérez Olvera, por lo que aprendí de ella.

A ti querida Alicia, mi entrañable alumna, gracias por ser como eres, por trabajar conmigo, te deseo un brillante futuro en tu carrera académica y en la personal.

CONTENIDO

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	
Justificación	8
Objetivo general	11
Objetivos específicos	12
Hipótesis	12
Diagrama metodológico	13
Referencias	14
	15
CAPÍTULO II. ESTRUCTURA ANATÓMICA DE LA MADERA	
Resumen	1
Introducción	1
Antecedentes	2
Material y métodos	3
Resultados	
Descripciones anatómicas	
<i>Acacia gaumeri</i> Blake	5
<i>Caesalpinia gaumeri</i> Greenm.	7
<i>Caesalpinia mollis</i> Spreng.	9
<i>Coccoloba acapulcensis</i> Standl.	11
<i>Coccoloba cozumelensis</i> Hemsl.	13
<i>Coccoloba spicata</i> Lundell	15
<i>Diphysa carthagenensis</i> Jacq.	17
<i>Erythroxylum rotundifolium</i> Lunan	19
<i>Eugenia capuli</i> (Schlech. & Cham.) Berg.	21
<i>Eugenia mayana</i> Standl.	23
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud.	25
<i>Hampea trilobata</i> Standl.	27
<i>Krugiodendron ferreum</i> (Vahl.) Urban	29
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	31
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth.	33
<i>Myrcianthes fragans</i> (Swartz) Mc Vaugh var. <i>fragans</i>	35
<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	37
<i>Protium schippii</i> Lundell	39
<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg) Nied.	41
<i>Senna racemosa</i> (Mill.) H. S. Irwin & Barneby	43
Discusión	45
	47

Conclusiones	
Referencias	49
Anexo de figuras	55
Anexo de cuadros	61

CAPÍTULO III. RELACIÓN ESTRUCTURA-PROPIEDADES-USOS

Resumen	
Introducción	1
Antecedentes	1
Material y métodos	2
Resultados	2
Física de la madera	4
Mecánica de la madera	4
Microscopía Electrónica de Barrido	5
Discusión y conclusiones	9
Referencias	
Anexo de figuras	12
Anexo de cuadros	28

CAPÍTULO IV. USOS TRADICIONALES DE LA MADERA

Resumen	1
Introducción	1
Material y métodos	2
Resultados	
Uso de la madera en la construcción de la casa habitación maya y su comportamiento mecánico	3
Uso de la madera en la elaboración de durmientes	4
Uso de la madera para leña y carbón	6
Discusión y conclusiones	7
Referencias	10
Anexo de figuras	12
Anexo de cuadros	17
Anexo de láminas	21

CAPÍTULO V. POTENCIALIDADES DE LA MADERA

Resumen	1
Introducción	1
Antecedentes	2
Material y métodos	3
Resultados	4
Discusión y Conclusiones	5
Referencias	7
Anexo de figuras	9
Anexo de cuadros	12

CAPÍTULO VI. COMENTARIOS FINALES	1
ANEXO	
Datos de colecta	2
Datos botánicos de los árboles de las especies estudiadas	4
Referencias	7

RESUMEN

Se estudió la madera de 20 especies consideradas como “tropicales corrientes” y “tropicales duras” que se encuentran bien representadas en las selvas de la Península de Yucatán y tienen importantes usos tradicionales: en la construcción de la casa maya, elaboración de durmientes, leña, carbón, tablones, mangos de herramientas, cercas, remos, partes de carretas, muebles. Con el objeto de entender el comportamiento de la madera en los usos tradicionales se obtuvieron los valores del peso específico considerado como indicador de sus propiedades y los valores de resistencia mecánica, datos que se interpretaron con microscopía electrónica de barrido para hacer la relación estructura anatómica-propiedades-usos.

De cada especie se colectó un árbol para obtener las muestras de xiloteca, las probetas de anatomía para los estudios de microscopía óptica, de barrido y también para los tecnológicos. Se realizaron las descripciones anatómicas de la madera, a todos los elementos medibles se les aplicó un análisis estadístico y se les denominó con base a la media. Los valores de las pruebas físico-mecánicas se determinaron según las normas internacionales establecidas. Se analizó con microscopía electrónica de barrido el daño que sufren los distintos tipos celulares a las fuerzas de impacto, tensión y flexión similares a las cargas que soporta la madera en los usos más frecuentes.

Se discuten las características anatómicas de la madera que influyen en el peso y alta resistencia mecánica, donde la forma, tamaño cantidad y distribución de vasos, rayos, particularmente las paredes de las fibras, reflejan su influencia en el papel que desempeñan en las partes estructurales que soportan las cargas fuertes. Estas cualidades confirman los argumentos que manejan los dueños del recurso forestal maderable al seleccionar a las especies estudiadas de una manera confiable.

Los resultados permiten entender las posibilidades de que las especies estudiadas sean consideradas como alternativas en la comercialización a través de acciones encaminadas a un adecuado aprovechamiento y conservación, incluyendo planes de manejo forestal que den como resultado el mantener la sustentabilidad de estas selvas, por lo que se aportan también usos sugeridos.

Palabras clave: madera, estructura anatómica, propiedades tecnológicas, usos.

ABSTRACT

The anatomical characteristics of the wood from 20 species that belong to seven botanical families are presented. These species, typically considered as "hard woods" are well represented in the tropical forest of the Yucatan Peninsula and have had important traditional uses such as: construction of mayan houses, sleepers, firewood, coal, beams, handtools, fences, oars, wagons, furniture, etc. In order to understand the physical and mechanical behavior in a common local usage given to the species, namely the structure of a rural construction, the specific weight value which was used as an indicator of the wood's qualities, as well as the mechanical strength and stiffness values for each of the structural parts that bear loads such as the weight, which result in tension, flexion and compression of such elements of the traditional Maya house. The relationship between the anatomical structure and the property and use were interpreted with the support of electronic scanning microscope micrographs.

One tree per each species was collected to obtain samples for the wood collection, anatomic study specimens and for the studies with optical and electronic scanning microscopy, as well as test samples for physical and mechanical property studies. We described the macroscopic and microscopic characteristics of wood. All the measurable elements were statistically analyzed and were denoted based on the mean values. The values of the physical-mechanical tests were determined according to established international standards. The failure surfaces for each mechanical loading tests of the wood samples were analyzed with the help of a scanning electronic microscopic, the results to show the failure modes of the wood cells when subjected to each of the loading modes such as flexural and tensile modes in the different elements of the structure of a Mayan house.

We discuss the anatomical characteristics of the species that influence weight and the mechanical strength of the wood, in which the cell shape, size and distribution, particularly of fibers, are reflected on the role that they play on the structural parts sustaining the strong loads of the mayan house. This information confirms the arguments held by the stakeholders of the wood forest's resources when selecting the species for study in a trustworthy way.

The results enable us to learn about the possibilities of these species to be considered as commercial alternatives by means of actions aimed at an adequate use and conservation, with plans of forest management which have resulted in the upkeep of the tropical forests sustentability. We also suggest alternative uses for the wood.

Key words: wood, anatomy, wood quality, mechanical strength and uses, sustainability.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La madera es el material de origen biológico que ha sido empleado de múltiples maneras a través de la historia de la humanidad, para obtención de carbón y leña, en la construcción de casas habitación, como madera aserrada, triplay, tablas, tablones, postes, durmientes, palillos, aserrín, pulpa de fibras para la elaboración de papel, cartón ó procesada para la obtención de destilados químicos entre otros usos.

Por la diversidad de características estéticas, estructurales y su comportamiento físico y mecánico es considerada como un valioso recurso renovable, producto de bosques de climas fríos, templados o de selvas tropicales, por lo que es importante resaltar el potencial que tiene si es contemplada desde el punto de vista de su adecuado aprovechamiento y conservación, ya que es un producto indicador de la productividad de los bosques y selvas (Robles y Echenique-Manrique 1986, Echenique-Manrique y Plumtre 1990, Echenique-Manrique y Robles 1993).

Los ecosistemas forestales tanto naturales como establecidos por reforestación cubren el 30.3% de la superficie del planeta (FAO 2005) quienes aparte de proveer la gran riqueza del recurso madera y de otros productos como látex, frutos, plantas medicinales, son el nicho ecológico para el establecimiento de la fauna silvestre, influyen en la conservación de los suelos, calidad del agua, el clima, efectos de fenómenos naturales como vientos, ciclones, huracanes, lluvias, ciclo de nutrientes etc., por lo que son considerados como importantes proveedores de servicios ecosistémicos que son los que sustentan la vida en nuestro planeta (Campos *et al.*, 2005).

México cuenta con una gran riqueza florística y diversidad de comunidades vegetales con alta proporción de especies. La superficie forestal con potencialidades de producción maderable comercial se calcula en 22 millones de ha, de las cuales solo 7.1 millones, (el 33%) están actualmente bajo manejo forestal (Yáñez 2004). En el caso de las selvas, las de México han sido reconocidas como sitios de gran diversidad biológica por la gran riqueza de especies de flora y fauna que presentan (Dirzo 1995, Soberón 1995). Estos ecosistemas son de gran importancia en la producción de recursos que son satisfactores de las necesidades básicas para el hombre, sin embargo, y dada la gran extensión territorial que abarcan en nuestro país ha sido difícil conocer aspectos diversos de su ecología (Soberón 1995) por lo que es necesario realizar estudios sobre su dinámica de crecimiento, estudios de inventario y fenológicos de la flora y la fauna, estudios enfocados al conocimiento de su ciclo de vida, de la dinámica de las poblaciones de importancia forestal, estudios de especies amenazadas o en peligro de extinción, entre otros (Flores *et al.*, 1995, Olmsted *et al.*, 1995, Merino-Pérez 2004).

En las selvas del sureste de nuestro país, de acuerdo con los datos reportados por Gómez-Pompa (1990), los estados de Chiapas, Tabasco, Campeche y Quintana Roo, registraron entre 1984 y 1989 una deforestación de aproximadamente un millón de ha del total de su área forestal, lo que significa un promedio anual de 167,000 ha de selva desmontadas, con una tasa del 5% anual en la región; para Quintana Roo en particular la deforestación es un problema agudo ya que la superficie de sus selvas en las ultimas décadas tuvieron una disminución de hasta un 30 % (Rebollar *et al.* 2002). Ante esta perspectiva de destrucción de los recursos naturales y la subutilización de su

potencial productivo, los nuevos planes para el desarrollo de zonas en ambientes cálido-húmedos requieren enmarcarse dentro de criterios en donde queden contempladas las formas autóctonas de aprovechamiento y manejo de los recursos naturales (Santos *et al.*, 1998).

La Península de Yucatán es una región que se caracteriza por tener una gran riqueza cultural que, desde el punto de vista de los recursos naturales, es admirable la forma como la antigua población maya, pudo integrarse al medio ambiente sin deteriorarlo (Barrera *et al.*, 1977, Rico-Gray *et al.*, 1985, Sanabria 1986) ya que los ecosistemas tropicales además de productivos son complejos y en ellos lograron practicar, además, una silvicultura tropical, lo que contrasta con el inadecuado manejo actual de los ecosistemas tropicales el cual provoca, la mayoría de las veces alteraciones irreversibles (Rico-Gray *et al.*, 1985, Santos *et al.*, 1998, Galleti 1999, Rebollar *et al.*, 2002, Bray y Merino-Pérez 2002, Merino-Pérez 2004).

Por esta razón, Barrera *et al.*, (1977) plantean que "la solución debe provenir de investigaciones interdisciplinarias que tomen en cuenta la forma de utilización de estos recursos por las culturas antiguas que todavía se conservan" y por otra que "las investigaciones etnobiológicas son importantes para aprovechar, aún cuando sea como punto de partida, los conocimientos de las poblaciones locales acerca de su medio natural", además el uso múltiple que la población maya le ha dado a sus recursos vegetales por ejemplo el uso de la madera para construcción de casas habitación rural, (Villers 1978, Villers *et al.*, 1981) su arquitectura e ingeniería constituyen un fenómeno complejo ya que la estructura y fisonomía no sólo responden a las condiciones climáticas y ecológicas, sino a distintos factores propios y externos, relacionados con el medio económico, social y cultural.

Desde hace varias décadas se han realizado acciones de diversa índole que han deteriorado la conservación los recursos naturales en los tres estados de la península, como las prácticas de cambio de uso del suelo que han impactado seriamente la conservación de la flora y la fauna (Flores *et al.*, 1995, Santos *et al.*, 1998, Galleti 1999, Merino-Pérez 2004) provocando que los ecosistemas naturales estén desapareciendo a velocidades alarmantes y, debido también al incremento de la población, a la industrialización, urbanización, agricultura y patrones intensivos de consumo (Carabias 2003).

Problemáticas como la explotación del chicle en Quintana Roo, donde compañías de concesionarios nacionales y extranjeros obtuvieron ganancias cuantiosas, pero no así para los campesinos chicleros, la sobreexplotación de especies maderables particularmente de las llamadas "preciosas" como el "cedro" (*Swietenia macrophylla* King) y la "caoba" (*Cedrela odorata* L.), debido a equivocadas políticas de concesión de aprovechamientos dieron como resultado el desperdicio en el monte de especies bien representadas en las selvas, pero que fueron consideradas como "tropicales corrientes" ó "tropicales duras" (Halffter 1980). Estas políticas favorecieron solamente a empresarios madereros quienes con un mínimo de inversión, recibieron grandes beneficios económicos a costa del deterioro de las selvas y de la pobre economía de los ejidatarios dueños del recurso. (Morales 1995, Santos 1997, Santos *et al.*, 1998, Galleti 1999, Rebollar *et al.*, 2002).

A partir de la década de los años 80 se han generado en la Península de Yucatán acciones de tipo político que han generado cambios sustanciales en el concepto de la conservación de los recursos naturales, por ejemplo para la explotación

del chicle, la política agraria dio como alternativa para aprovechar éste recurso de una mejor manera la formación del Plan Piloto Chiclero (PPCh) donde los ejidatarios se organizaron en una cooperativa para la explotación comunitaria del chicle, lo que dio como resultado una revitalización de la actividad chiclera (Galleti 1999). Esta necesidad de integrar a las comunidades locales en la conservación y el uso regulado de bosques y selvas, ha generado por ejemplo, la creación de áreas de conservación y uso regulado, llamadas “reservas extractivas” consideradas también en Brasil como una alternativa para los recolectores de caucho y son “áreas de selva habitadas por poblaciones humanas que extraen productos, particularmente no maderables, concedidas a largo plazo para el usufructo de los recursos forestales, las cuales son manejadas de manera colectiva” (Pérez-García y Rebollar 2005).

En el caso de las especies maderables, a partir de 1984, también se propició una política forestal comunitaria con la creación del Plan Piloto Forestal (PPF) de Quintana Roo, el cual originó la incorporación de los ejidatarios a la producción directa de la selva, la definición de los usos más adecuados del suelo forestal y el fomento a la diversificación de la industria forestal para estimular el aprovechamiento del mayor número de especies tanto maderables como no maderables, del cual posteriormente se derivaron dos importantes Sociedades Civiles de productores forestales, donde se integraron las capacidades de asesorías técnicas con el importante conocimiento de los recursos naturales de las comunidades campesinas, una en la Zona Maya en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto y la de la zona sur en el Municipio de Othón P. Blanco (Santos *et al.*, 1998, Bray y Merino-Pérez 2002, 2004).

Es en este marco de conceptos y acciones desarrollados en la Península de Yucatán, particularmente en Quintana Roo donde se trabaja con las comunidades campesinas forestales quienes son asesorados por los ingenieros forestales en los estudios dasonómicos y en los administrativos con el objeto de integrarlos a un conocimiento más profundo del recurso forestal para un mejor aprovechamiento del mismo a través de planes de manejo forestal, con miras a lograr un desarrollo sustentable con base en la tesis de que “En la medida en que se incorporen a los campesinos en el manejo de sus recursos naturales, estos se conservarán” (Argüelles 1991, Carreón 1991) misma que sostiene para la Península de Yucatán Gómez Pompa (1989) lográndose el Modelo Mexicano de Manejo Forestal Comunitario, cuya estrategia de combinar la experiencia del conocimiento tradicional y el trabajo productivo de los campesinos mayas forestales con acciones técnicas han dado como resultado la adecuada conservación y aprovechamientos de sus selvas (Anta y Pérez 2006, Bray y Merino-Pérez 2004).

Por lo anterior se consideró importante integrarse en este esquema de trabajo con los estudios básicos de anatomía y de sus propiedades físicas y mecánicas que puedan servir como índices para entender el comportamiento de la madera y sean una contribución en la caracterización tecnológica de las especies consideradas “corrientes” o “duras” pero que tienen importantes usos tradicionales, por medio de una colaboración académica a través de convenios con varias instituciones de la Península de Yucatán, en varias etapas de trabajo patrocinadas por la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa (Fig. 1). El trabajo de tipo interdisciplinario e interinstitucional permitió llevar a cabo diversas acciones encaminadas al conocimiento integral del recurso madera. Se realizó a través de convenios entre la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y algunas instituciones de la Península de Yucatán como: el

Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB), actualmente Instituto de Ecología A. C., el Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO) actualmente El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) y la Dirección Técnica de la Organización de Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya S. C.

Esta relación de trabajo permitió coleccionar la madera y realizar ensayos mecánicos con equipo especializado en especies seleccionadas que tienen buena presencia en las selvas de la península y con importantes usos tradicionales. Se realizaron descripciones anatómicas para conocer su estructura, las cuales reflejan sus propiedades físico-mecánicas que comprueban las cualidades encontradas a partir del estudio de su anatomía.

La madera es un material que puede tener diversas cualidades físicas y mecánicas como: el ser suave, dura, pesada flexible, quebradiza ó ser resistente a fuerzas mecánicas externas y al biodeterioro, éstas características guardan íntima relación con su estructura anatómica, la cual refleja estas propiedades. Con la integración del conocimiento de sus características anatómicas y de sus propiedades físicas y mecánicas se puede hacer la relación con los usos a que pueden ser destinadas, se pueden caracterizar tecnológicamente para que puedan ser consideradas como propuestas de introducción en el mercado, particularmente si se consideran las nuevas acciones de comercialización actualmente adquiridas por los productores forestales de las sociedades civiles mayas (Santos *et al.*, 1998, Rebollar *et al.*, 2002) donde se comercializa un porcentaje de maderas preciosas y conjuntamente como requisito, se implica la compra de determinados volúmenes de éstas “tropicales corrientes” o “duras” por lo que existe la factibilidad de su comercialización no solamente a escala nacional sino también en el mercado internacional, lo cual favorece el limitar la importación de maderas extranjeras que tanto afectan a la economía nacional (Trueba 1983) por otra parte se pueden introducir en los programas de manejo forestal para su adecuado aprovechamiento y conservación.

JUSTIFICACIÓN

Debido a la diversidad de especies tropicales arbóreas que se presentan en las selvas de la Península de Yucatán, no ha sido posible conocerlas en su totalidad desde el punto de vista florístico, fenológico, anatómico, tecnológico. Muchas de ellas tienen importantes usos tradicionales: como alimento, medicinales, forrajeras y, en el caso de la madera en la construcción de casas rurales, como leña, carbón. Esto indica que las raíces, tallos, cortezas, hojas, flores y frutos, poseen características peculiares que, en el caso de la madera, se entiende que es su estructura anatómica y sus propiedades físicas y mecánicas las que reflejan las cualidades que tienen las especies para ser destinadas a esos usos tradicionales.

Diversos autores consideran que existe una estrecha relación entre la estructura anatómica de la madera y las propiedades físico-mecánicas, donde la cantidad, distribución tipo y tamaño de todos sus elementos celulares influyen en estas propiedades, particularmente la función de la pared celular con sus tres capas: S¹ S² y S³ (Rivera y Lenton 1999, Bárcenas *et al.*, 2005, De la Paz Pérez-O. *et al.*, 2005). Por otra parte, el valor del peso específico ó densidad relativa es ampliamente utilizado como indicador de las cualidades como el peso, dureza y resistencia mecánica de la

madera que permite con éste dato una evaluación más acertada para que pueda ser destinada a los usos más adecuados. Sobre estos dos aspectos, por una parte el estudio de la anatomía y por el otro de sus propiedades físicas y mecánicas se pueden caracterizar las cualidades de la madera de estas especies (Kollman y Coté 1968, Jane 1970, Panshin y de Zeeuw 1970, Desch 1974, Hillis 1980, Barajas-Morales 1987, Guerrero 1989, Butterfield *et al.*, 1993, Echenique-Manrique y Robles 1993, Bárcenas 1995, Bárcenas *et al.*, 2005, De la Paz Pérez-O. *et al.*, 1997, 2005, Grabner *et al.*, 2005, Monteoliva *et al.*, 2005, Veenin *et al.*, 2005).

Por lo anterior y dada la presencia de especies arbóreas en las selvas de la península consideradas “corrientes” que tienen alturas y diámetros considerables se plantea que, con la relación de sus características anatómicas y tecnológicas, se pueden explicar las cualidades de peso, dureza y resistencia mecánica, se puede predecir el comportamiento que tienen estas especies, el porqué han sido utilizadas tradicionalmente y también sugerir otros usos.

OBJETIVO GENERAL

Conocer la estructura anatómica y algunas propiedades tecnológicas de la madera de 20 especies tropicales en relación con sus usos tradicionales que tienen. Con base en el conocimiento de sus cualidades, sugerir otros usos para diversificar su utilización.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Investigar las existencias de especies maderables no conocidas y los usos tradicionales en los Municipios de Benito Juárez, Felipe Carrillo Puerto y Othón P. Blanco en el estado de Quintana Roo y Oxkutzkab en el estado de Yucatán.
2. Obtener las descripciones de las características anatómicas, macroscópicas y microscópicas de la madera de 20 especies tropicales.
3. Obtener el valor del peso específico (densidad relativa) de la madera de 20 especies tropicales.
4. Obtener los valores de las pruebas de resistencia mecánica de la madera (flexión, tensión, impacto), de acuerdo con los usos tradicionales
5. Entender la relación de la estructura anatómica y el comportamiento mecánico de la madera con los usos tradicionales.
6. De acuerdo con los resultados obtenidos de la estructura anatómica, de los valores del peso específico y de las pruebas mecánicas, sugerir otros usos.

HIPÓTESIS

Si se considera que la anatomía de la madera refleja las propiedades que pueden definir los usos adecuados, es importante evaluar estas propiedades a través del conocimiento de su estructura anatómica. Por otra parte, si los valores del peso específico son índices que permiten predecir su comportamiento mecánico, entonces es necesario realizar estudios básicos de anatomía y los tecnológicos que permitan entender si existe una relación estrecha entre la estructura anatómica de la madera y éstas propiedades tecnológicas con los usos tradicionales.

Para cumplir con los objetivos propuestos se realizaron actividades de gabinete para la investigación bibliográfica; en el campo, para la investigación de los usos tradicionales y colecta de la madera en las selvas mediana subperennifolia de Quintana Roo y mediana subcaducifolia de Yucatán, en laboratorio para los estudios anatómicos y para el desarrollo de las pruebas físicas y mecánicas de la madera. Con base en los resultados obtenidos se sugieren otros usos (Fig. 1).

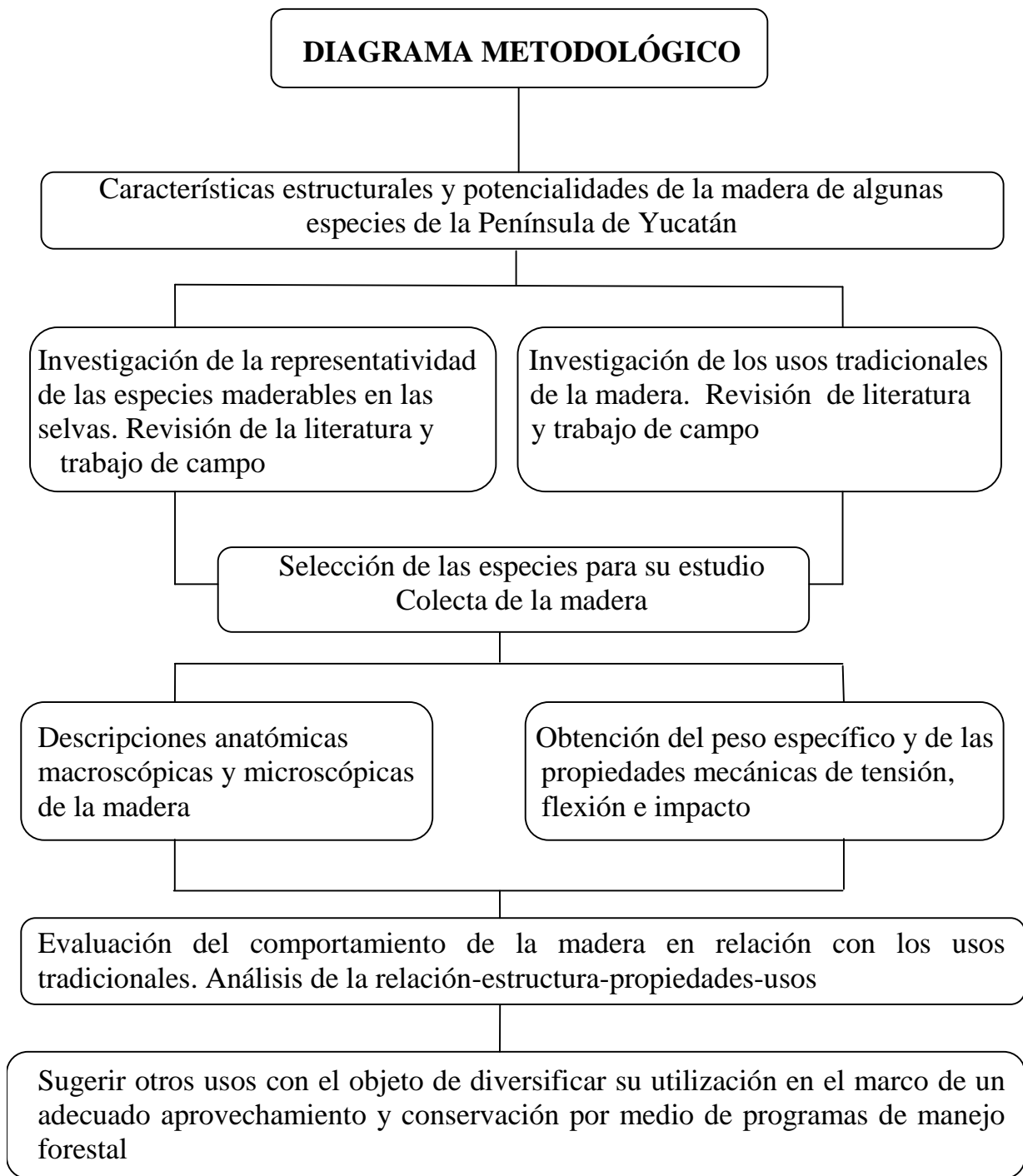


Figura 1. Diagrama metodológico.

REFERENCIAS

- Anta, S. y P. Pérez. 2006. Atlas de experiencias comunitarias en manejo sostenible de los recursos naturales en Quintana Roo. SEMARNAT. México. 61 p.
- Argüelles, L. A. 1991. Plan de manejo forestal para el bosque tropical de la empresa ejidal Noh-Bec. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 79 p.
- Barajas-Morales, J. 1987. Wood specific gravity in species from two tropical forests in Mexico. IAWA Bull. n. s. 8: 143-148.
- Bárceñas, G. M. 1995. Caracterización tecnológica de veinte especies maderables de la Selva Lacandona. Madera y Bosques 1(1): 9-38.
- Bárceñas, G., F. Ortega-Escalona, G. Ángeles-Álvarez, y P. Ronzón-Pérez 2005. Relación estructura-propiedades de la madera de angiospermas mexicanas. Universidad y Ciencia. 21(42): 45-55.
- Barrera, A., A. Gómez-Pompa y C. Vázquez-Yañez. 1977. El manejo de las selvas por los mayas: sus implicaciones silvícolas y agrícolas. Biótica 2 (2): 47-60.
- Bray, B. D. y L. Merino-Pérez. 2002. Community Forest of Mexico. Achievements and Challenges. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sustentable. 32 p.
- Bray, B. D. y L. Merino-Pérez. 2004. La experiencia de las comunidades forestales en México. Veinticinco años de silvicultura y construcción de empresas forestales comunitarias. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A. C. México. 270 p.
- Butterfield, R. P., R. P. Crook, R. Adams and R. Morris. 1993. Radial variation in wood specific gravity, fibre length and vessel area for two Central American hardwoods: *Hyeronima alchorrneoides* and *Vochysia guatemalensis*: natural and plantation-grown trees. IAWA Journal. Vol. 14 (2): 153-161.
- Campos, J. J., F. Alpizar, B. Louman, J. Parrotta y R. Madrigal. 2005. An integrated approach to forest ecosystems services. In: M. G. Alfaro, R. Kanninen, and M. Lobovikov. (eds.) Forest in the Global Balance. Changing Paradigms. Vol. 17 IUFRO World Series.
- Carabias, J. 2003. Futuro de la conservación de la biodiversidad y sus ecosistemas, una visión global. 227-250. In: P. Colunga, y A. Larqué (eds.). Naturaleza y Sociedad en el Área Maya. Pasado, presente y futuro. Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. 254 p.
- Carreón, M. 1991. Desarrollo de una metodología para el establecimiento de sitios permanentes de muestreo en los ejidos forestales de la Zona Maya de Quintana Roo. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 191 p.
- De la Paz Pérez-O., C., R. Dávalos y A. Quintanar. 1997. Las características tecnológicas de la madera. ContactoS 19:15-21.
- De la Paz Pérez-O., C., R. Dávalos y A. Quintanar. 2005. Influencia de los radios en algunas propiedades físicas y mecánicas de la madera de ocho encinos (*Quercus*) de Durango, México. Madera y Bosques 11(2):49-68.
- Desch, H. E. 1974. Timber, its structure and properties. Macmillan. 424 p.
- Dirzo, R. 1995. Las selvas tropicales de México: un recurso amenazado. 81-86 In: H. Delfín, V. Parra, y E. Echazarreta. (eds.) Conocimiento y manejo de las selvas

- de la Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Echenique-Manrique, R. y R. A. Plumptre. 1990. A guide to the use of Mexican and Belizean timbres. Tropical Forestry Papers N° 20. Oxford Forestry Institute. University of Oxford. 123 p.
- Echenique-Manrique, R y F. Robles. 1993. Ciencia y Tecnología de la Madera I. Textos Universitarios. Universidad Veracruzana. México. 137 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2005. Evaluación de los recursos forestales mundiales. FAO. Forestry Paper 147. Roma, Italy. 181 p.
- Flores, J. S., C. Echazarreta, H. Delfín y V. Parra. 1995. Diagnóstico del conocimiento y uso de los recursos naturales en el estado de Yucatán. 122-138. *In*: H. Delfín, V. Parra, y C. Echazarreta. (eds.). Conocimiento y manejo de las selvas de la Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Galletti, H. A. 1999. La selva maya en Quintana Roo (1983-1996). Trece años de conservación y desarrollo comunal. *In*: R. B. Primack, D. B. Bray, H. A. Galletti y I. Ponciano. (eds.). La selva maya, conservación y desarrollo. Siglo XXI Editores. México, D.F. 53-73.
- Gómez-Pompa, A. 1989. Conferencia Magistral. 7º Congreso Latinoamericano y XIV Congreso Mexicano de Botánica, del 18 al 23 de Octubre de 1998. Unidad de Congresos del Centro Médico Siglo XXI. México.
- Gómez-Pompa, A. 1990. El problema de la deforestación en el trópico mexicano. *In*: E. Leff (coord.). Medio Ambiente y Desarrollo en México. Volumen primero. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades UNAM. Miguel Ángel Porrúa. México. 229-255 p.
- Grabner, M., U. Muller, N. Gierlinger and R. Wimmer. 2005. Effects of heartwood extractives on mechanical properties of larch. *IAWA Journal* 26(2): 211-220.
- Guerrero, L. 1989. Relación de la estructura de la madera de *Quercus sartorii* Liebm., con algunas propiedades físico-mecánicas. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 134 p.
- Halffter, G. 1980. Colonización y conservación de recursos bióticos en el trópico. *Inst. Nal. Rec. Bióticos*. Xalapa, Veracruz. 47 p.
- Hillis, W. E. 1980. Some basic characteristics affecting wood quality. *Appita* 3: 339-344.
- Jane, J. 1970. The structure of wood. Adam and Charles Black. Londres. 478 p.
- Kollman, F. P. and W. A. Coté Jr. 1968. Principles of wood science and technology. I. Solid Wood. Springer-Verlag Nueva York. 560 p.
- Merino-Pérez, L. 2004. Conservación o deterioro. El impacto de las políticas públicas en las instituciones comunitarias y en las prácticas de uso de los recursos forestales. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Consejo Civil para la Silvicultura Sostenible. A.C. 331 p.
- Morales, J. J. 1995. Sian ka'an. Introducción a los ecosistemas de la península de Yucatán. La gran selva maya. Amigos de Sian Ka'an A. C. Cancún, Quintana Roo. 160 p.
- Monteoliva, S., G. Senisterra and R. Marlats. 2005. Variation of Wood, density and fibre length in six willow clones (*Salix* spp.) *IAWA Journal* 26(2): 197-202.

- Olmsted, I., R. Durán, J. A. González, J. Granados, J. C. Trejo, D. Zizumbo, G. Campos y G. Ibarra. 1995. Diagnóstico del conocimiento y manejo de las selvas de la Península de Yucatán. 139-162. *In*: H. Delfín, V. Parra y C. Echazarreta (eds.). Conocimiento y manejo de las selvas de la Península de Yucatán. UAY. México.
- Panshin, A. J. y C. de Zeeuw. 1970. Textbook of wood technology. I. McGraw-Hill. Nueva York. 705 p.
- Pérez-García, M. y S. Rebollar. 2005. Estrategias rurales contra la deforestación. *Ciencia y Desarrollo*. México, D. F. Vol. 186: 58-65.
- Rebollar, S., V. J. Santos y R. L. Sánchez. 2002. Estrategias de recuperación de selvas en dos Ejidos de Quintana Roo, México. *Madera y Bosques* 8 (1): 19-38.
- Rebollar, S., y N. A. Tapia. 2010. Anatomía de la madera de dos especies de *Eugenia* (Myrtaceae) de Quintana Roo, México. *Madera y Bosques* 16 (1): 85-98
- Robles, F. y R. Echenique-Manrique. 1986. Estructuras de madera. Editorial Limusa 367 p.
- Rico-Gray, V., Gómez-Pompa, A. y C. Chan. 1985. Las selvas manejadas por los mayas de Yohaltún, Campeche. México. *Biótica*. Vol. 10 (4): 321-327.
- Rivera, S. M. y M. S. Lenton. 1999. La xilología y las propiedades mecánicas de cinco maderas nativas argentinas. *Revista de Ciencias Forestales Quebracho* N° 7:72-78.
- Sanabria, O. L. 1986. Etnoflora Yucatanense: El Uso y Manejo Forestal en la Comunidad de Xul, en el Sur de Yucatán. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Fascículo 2. Xalapa, Veracruz. 191 p.
- Santos, V. J. 1997. La organización campesina y su importancia en la autogestión y manejo de los recursos forestales: una experiencia en la Organización de Ejidos Forestales de la Zona Maya. Tesis de Licenciatura. UACH. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 174 p.
- Santos, V. J., M. Carreón y K. C. Nelson. 1998. La Organización de Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya. Un proceso de investigación participativa. Serie: Estudios de caso sobre participación campesina en generación, validación y transferencia de tecnología. Red de Gestión de Recursos Naturales. Fundación Rockefeller. 129 p.
- Soberón, J. 1995. Biodiversidad en los trópicos y la CONABIO. 95-100. *In*: H. Delfín, V. Parra, y C. Echazarreta. (eds.) Conocimiento y manejo de las selvas de la Península de Yucatán. UAY. Mérida, Yucatán, México.
- Trueba, D. J. 1983. La problemática forestal y su incidencia en el medio ambiente. *Ecología y recursos naturales. Hacia una política ecológica del PSUM*. Ediciones del Comité Central. México, D.F. 64 p.
- Veenin, T., M. Fujita, T. Nobuchi and S. Siripatanadilok. 2005. Radial variations of anatomical characteristics and specific gravity in *Eucalyptus camaldulensis* clones. *IAWA Bull.* n. s. 26 (3): 353-361.
- Villers, L. 1978. Uso de las maderas y otros materiales vegetales en la construcción de la habitación rural tradicional en la zona de Coba, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Villers, L., R. M. López y A. Barrera. 1981. La unidad de habitación tradicional campesina y el manejo de recursos bióticos en el área maya yucatanense. II.

Materiales vegetales en la habitación rural tradicional de Cobá, Quintana Roo.
Biótica 6 (3): 293-323.

Yáñez, L. 2004. Las principales familias de árboles en México. UACH. División de Ciencias Forestales. Chapingo. Estado de México.

CAPÍTULO II

ESTRUCTURA ANATOMICA DE LA MADERA

RESUMEN

Se presentan las descripciones anatómicas de la madera de 20 especies pertenecientes a siete familias botánicas que se encuentran bien representadas en las selvas mediana subperennifolia y mediana subcaducifolia de los estados de Quintana Roo y Yucatán que tienen importantes usos tradicionales. Se colectó un árbol por especie y ejemplares de herbario depositados en el Herbario de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. Las descripciones macroscópicas se realizaron en tablillas de xiloteca y las microscópicas en preparaciones fijas con los tres cortes típicos y material disociado. Las especies tienen porosidad difusa, vasos numerosos, la mayoría solitarios con puntuaciones areoladas alternas y placa perforada simple; parénquima axial aliforme, aliforme confluyente, en bandas y unilateral; rayos bajos y numerosos, fibras libriformes. Los extractivos más abundantes son cristales y gomas. Los usos tradicionales de la madera en las localidades de colecta son: la construcción rural, elaboración de durmientes, leña, carbón, tablones, mangos de herramientas, cercas y muebles.

INTRODUCCIÓN

En México existe una gran variedad de especies maderables, tanto de climas fríos, templados y tropicales con gran variedad de colores, veteados, que son suaves, duras, ligeras, pesadas, con alta o baja resistencia mecánica y al biodeterioro; esta variabilidad depende de su estructura, la cual es determinada por factores genéticos y ambientales. El uso al que pueda ser destinada una madera depende de su estructura anatómica, de la estructura y ultraestructura de sus paredes celulares así como de sus componentes químicos y contenidos celulares, el arreglo, cantidad y tamaño de las células que forman la madera, la presencia de celulosa, hemicelulosa, lignina, agua y otros compuestos químicos como cristales, gomas, taninos, reflejan mucho de sus cualidades estéticas como son el color, olor, sabor, brillo, veteado, textura e hilo y, propiedades tecnológicas como la dureza, el ser suaves, ligeras ó pesadas, así como su resistencia mecánica. Debido a éstas características estéticas, anatómicas macroscópicas y microscópicas que reflejan sus propiedades tecnológicas se considera un material muy versátil, por lo que ha tenido importantes usos a través de la historia de la humanidad (Tortorelli 1956, Kollman y Coté 1968, Jane 1970, Panshin 1970, Desch 1974, Hillis 1980, Guerrero 1989, Rebollar *et al.* 1987, Echenique-Manrique y Robles 1993, Bárcenas 1995, Bárcenas *et al.* 2005, De la Paz Pérez-O. *et al.* 1997, 2005, Grabner *et al.* 2005, Monteoliva *et al.* 2005, Veenin *et al.* 2005).

En México, el uso de las especies maderables tropicales ha sido de una manera muy selectiva (Santos *et al.* 1998) sin considerar la gran variedad que ofrecen las selvas de nuestro trópico, de las que se desconocen sus características anatómicas y tecnológicas. La Península de Yucatán posee todavía un porcentaje de selvas que presentan una gran diversidad de especies maderables, (Rebollar *et al.* 1987) que han sido subestimadas y desperdiciadas cuando se ha hecho la extracción selectiva de algunas especies, principalmente de las llamadas “preciosas” llamándoseles inclusive como “maderas tropicales corrientes” (Halfpter 1980); esto es debido principalmente al desconocimiento de su estructura y cualidades que tienen, las cuales por sus dimensiones, su presencia en las selvas en donde, además, localmente tienen importantes usos que les han dado los campesinos mayas como: postes, vigas, palizadas, en la construcción de casas rurales y palapas, como tablas, puertas, marcos de ventanas, durmientes, muebles, utensilios domésticos, leña, carbón entre otros, por lo que ellos las han considerado empíricamente como duras, pesadas y resistentes a la pudrición, cualidades por las que pueden tener potencialidades comerciales. Tal es el caso de algunas especies que vegetan en las selvas mediana subperennifolia Quintana Roo (Escalante 1986, 2000, Sánchez y Rebollar 1999, Santos 1997, Rebollar *et al.* 2000, Rebollar y Tapia 2010) y la subcaducifolia en el estado de Yucatán (Sanabria 1986, Terán y Rasmussen 1994).

La madera de las especies estudiadas presentan atractivos colores y veteados. Las características anatómicas macroscópicas distintivas en las especies son: porosidad difusa, vasos numerosos y pequeños, con puntuaciones areoladas y placa perforada simple. El parénquima axial más abundante es el difuso; los rayos son numerosos, bajos y finos. Las fibras son libriformes y los extractivos más frecuentes son: cristales romboidales y gomas. Esta estructura refleja el que las maderas sean sólidas, compactas y pesadas, además la presencia de extractivos aumenta su resistencia mecánica y al biodeterioro.

Si la anatomía de la madera refleja las propiedades que definen su uso y por otra parte, que los valores de el peso específico son índices que permiten predecir su comportamiento mecánico, entonces, es necesario realizar estudios básicos de anatomía y los técnicos que permitan entender las cualidades de peso, dureza y resistencia mecánica, con lo que se puede predecir el comportamiento que tienen estas especies, el porqué son utilizadas y, se podrían sugerir otros usos.

ANTECEDENTES

En México los estudios anatómicos de maderas tropicales se iniciaron en especies de Chiapas con los trabajos de García (1944); el de Ortega (1958) y el de Gómez (1959). De estas fechas a la actualidad se tienen aportaciones que abarcan diversos enfoques como son: el descriptivo, comparativo, elaboración de claves, el taxonómico, y los tecnológicos referentes a las propiedades físicas y mecánicas de la madera

Los estudios con descripciones anatómicas de maderas tropicales se han realizado en especies procedentes de varias entidades de la república mexicana. Para Campeche se reportan por ejemplo los trabajos de: Guridi (1968), Cárdenas (1971), De la Paz Pérez-O. *et al.* (1980), Rogel (1981), Corral (1985), para Chiapas el de Barajas-Morales *et al.* (1979), el de Lara (1984) y el de Ortega (1984). Para Michoacán el de De la Paz Pérez-O. y Sánchez (1986), para el estado de Morelos, el de Gómez-Vásquez (1977); para Jalisco el de Barajas-Morales y León-Gómez (1989) y para Veracruz el de Ángeles (1981) y el de Barajas-Morales *et al.* (1997)

Estudios anatómicos que aportan además de las descripciones anatómicas, algunos datos sobre la tecnología de la madera son: el de Flores (1966), los de Schultz y Von Grotthus (1968a y 1968b); los de Echenique-Manrique (1970); Echenique-Manrique *et al.* (1975); el de Huerta y Becerra (1976); el trabajo de Torelli (1982) que presenta un estudio promocional de 43 especies de la Selva Lacandona y el de Barajas-Morales (1987) con la anatomía de la madera y gravedad específica de especies de cuatro especies.

Estudios comparativos como el de Guridi (1978) en algunas sapotáceas mexicanas; con la aportación de claves como el de Torres (1969) para 25 especies tropicales de importancia económica; el de Orea (1984) para identificar 38 maderas tropicales y, el estudio sobre las diferencias ultraestructurales en especies tropicales de dos diferentes selvas Barajas-Morales (1985). En aspectos taxonómicos se puede citar el trabajo de Barajas-Morales (1981) con la descripción y notas sobre la anatomía de la madera de las Boraginaceae del oeste de México y el de Barajas-Morales y León-Gómez 1989, un estudio sobre la variación en *Cordia eleagnoides* DC. Una compilación importante es el Banco de Información de Estudios Tecnológicos de Maderas que Vegetan en México de Cevallos y Carmona (1981).

Para la década de los años 80 se encontró que la Península de Yucatán tenía registradas pocas colectas y descripciones de especies maderables. Para el estado de Campeche se reportaron 60 especies, para Quintana Roo 20, y 3 para el estado de Yucatán (Rebollar *et al.* 1987). Otros estudios descriptivos sobre la anatomía de la madera de especies de Quintana Roo son: Rebollar *et al.* (1993, 1994, 1996-1997) y Rebollar y Tapia (2010); sobre la anatomía y usos: Rebollar y Quintanar (1998, 2000a,

b); sobre anatomía y usos de la madera y hojas en la construcción rural maya, el de Rebollar y Pérez-García (2003); sobre la histoquímica de la madera de *Gliricidia sepium* (Fabaceae) el de Quintanar *et al.* (1997).

MATERIAL Y MÉTODOS

Para su estudio las especies maderables se seleccionaron por los importantes usos tradicionales que tienen y por su representatividad en el estrato arbóreo de las selvas en los estados de Yucatán y Quintana Roo, por lo que se tomaron en cuenta los datos investigados en la literatura, los obtenidos por informantes mayas y, los del área basal del listado de especies de la Dirección Técnica Forestal de la Organización de Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya de Quintana Roo Sociedad Civil (OEPFZM S.C.) (1994). Para la colecta de los árboles se consideraron las especificaciones de Ramos y Díaz (1981); la madera se obtuvo de árboles sanos, maduros, de fustes rectos uno por cada especie, con alturas de 12-15 m y diámetros a la altura del pecho de 20, 25 a 30 cm con muestras de herbario y de xiloteca registradas en el Herbario Metropolitano de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa (UAMIZ) "Dr. Ramón Riba y Nava". Debido a los apoyos que se tuvieron para la obtención de la madera, se escogió una selva mediana subperennifolia en los Municipios de Benito Juárez, Felipe Carrillo Puerto y Othón P. Blanco, Quintana Roo así como la selva mediana subcaducifolia del estado de Yucatán.

El muestreo de cada árbol consistió en obtener dos trozas de 1.60 m de longitud las cuales se cortaron a partir de los 30 cm del tocón. La primera troza **(A)** se destinó para obtener la madera para los estudios macroscópicos y microscópicos, de ésta troza se seccionaron a 1.30 m a la altura del pecho las rodajas respectivas para la obtención de probetas y para las tablillas de xiloteca. De la segunda troza **(B)** se obtuvieron probetas al azar para realizar las pruebas mecánicas de tensión, flexión e impacto (Fig. 1a- c).

El estudio macroscópico se realizó en las tablillas de xiloteca de 15x7x 1 cm., para la denominación de los caracteres macroscópicos y estéticos se clasificaron de acuerdo con Tortorelli (1956) y para el color se usaron las tablas de Munsell (1954); el estudio microscópico se hizo en las probetas de 2 x 2 cm de lado, se ablandaron siguiendo las técnicas apropiadas para maderas duras y blandas Koller (1927) y Franklin (1946) (Fig. 1d, e). Con el uso del microtomo se obtuvieron los tres cortes típicos de la madera el transversal y los dos longitudinales el tangencial y el radial, los que se tiñeron con safranina y verde iodo, se deshidrataron con alcoholes graduales, se montaron con resina sintética para la obtención de preparaciones fijas. De acuerdo con el método de Jeffrey se obtuvo también material disociado Johansen (1940) (Fig. 1f, j). La nomenclatura utilizada en las descripciones microscópicas fue la de IAWA Committee (1989a); para los rayos se utilizó la de Kribs (1968) y para los cristales la de Chattaway (1955, 1956). A los elementos mensurables se les aplicó un análisis

estadístico univariado, con un error de muestreo del 5% se denominaron con base a la media según la clasificación de Chattaway (1932) y la de IAWA Committee (1937, 1939, 1989a, b). El valor para el número de poros se presenta en milímetros cuadrados (mm^2) para el número de rayos en milímetros lineales (mm) y para el resto de los caracteres en micrones (μm).

RESULTADOS

Descripciones anatómicas

Las 20 especies estudiadas pertenecen a las Familias: Burseraceae, Erythroxylaceae, Leguminosae, Malvaceae, Myrtaceae, Polygonaceae y Rhamnaceae.

Acacia gaumeri Blake (Lám. I)

Características macroscópicas (Cuadro 1)

La madera presenta diferencia de color entre la albura reducida en diámetro y el duramen que ocupa la mayor parte, la albura es amarillo (10YR 7/6) y el duramen castaño rojizo (5YR 5/6); tiene olor y sabor característicos, brillo bajo, vetado pronunciado, textura gruesa e hilo entrecruzado. Zonas de crecimiento marcadas por parénquima axial. Todos los elementos constitutivos se observan con lupa (10x).

Características microscópicas (Cuadro 3)

Los poros son de distribución difusa, la mayoría múltiples radiales de 2 células, algunos solitarios; son muy pocos ($\bar{x}=2$), de diámetro tangencial moderadamente pequeño ($\bar{x}=69$). Los elementos de vaso son de longitud muy corta ($\bar{x}=213$), con puntuaciones areoladas alternas y placa perforada simple.

El parénquima axial es en bandas, con un ancho de hasta 10 hileras de células y se presenta estratificado.

Los rayos son triseriados la mayoría y biseriados; homogéneos, numerosos ($\bar{x}=9$), extremadamente bajos ($\bar{x}=141$) y muy finos ($\bar{x}=24$). Se presentan estratificados.

Las fibras son libriformes, extremadamente cortas ($\bar{x}=313$), de diámetro mediano ($\bar{x}=17$) y paredes delgadas ($\bar{x}=5$). Se presentan estratificadas.

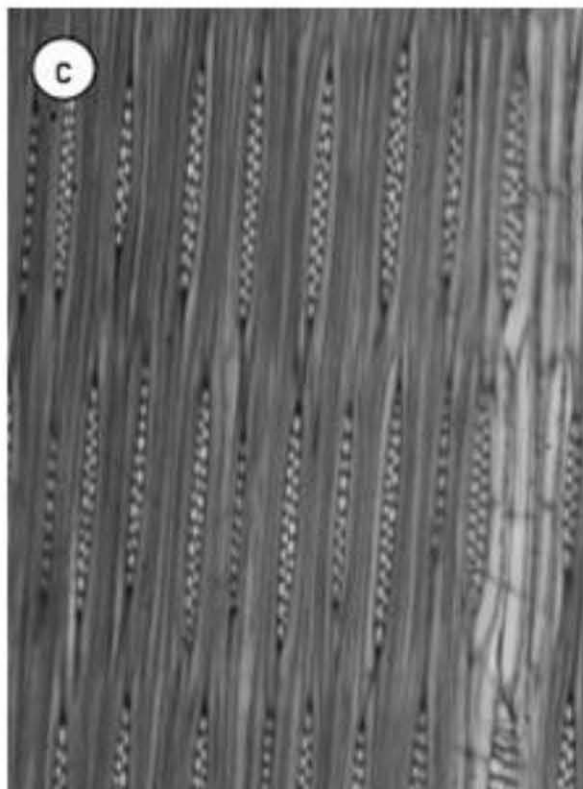
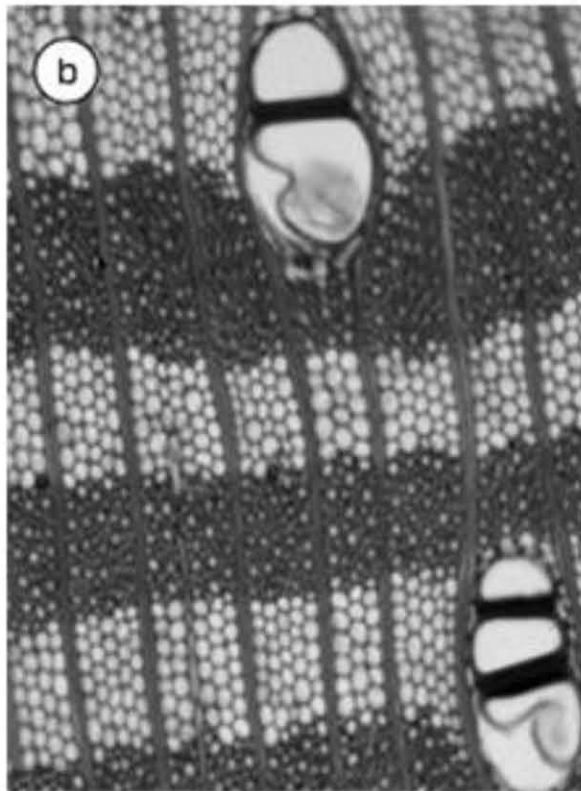


Lámina I. *Acacia gaumeri*. a. Tablilla tangencial de xiloteca. b. Corte transversal (10x). c. Corte tangencial (10 x). d. Corte radial (10 x).

Caesalpinia gaumeri Greenm. (Lám. II)

Características macroscópicas (Cuadro 1)

La madera presenta diferencia de color entre la albura reducida en diámetro y el duramen que ocupa la mayor parte, la albura es castaño muy pálido (10YR 8/3) y el duramen castaño amarillento (10YR 5/6); no tiene olor, sabor ligeramente amargo, brillo mediano, veteado pronunciado, textura mediana e hilo entrecruzado. Las zonas de crecimiento están marcadas por fibras. Todos los elementos son visibles con lupa (10x).

Características microscópicas (Cuadro 3)

Los poros son de distribución difusa, la mayoría solitarios y algunos múltiples radiales de 2 a 4 células; son moderadamente numerosos ($\bar{x}=15$), de diámetro tangencial moderadamente pequeños ($\bar{x}=95$). Los elementos de vaso son de longitud corta ($\bar{x}=241$), con puntuaciones areoladas alternas y placa de perforación simple. Algunos con gomas.

El parénquima axial es aliforme y aliforme confluyente estratificado. Presenta cristales romboidales y depósitos de sílice.

Los rayos son uniseriados y biseriados, homogéneos, numerosos ($\bar{x}=10$), extremadamente bajos ($\bar{x}=180$) y moderadamente finos ($\bar{x}=25$). Algunos presentan gomas; son estratificados.

Las fibras son libriformes, medianas ($\bar{x}=1088$), de diámetro fino ($\bar{x}=12$) y paredes gruesas ($\bar{x}=6$). Algunas presentan gomas.

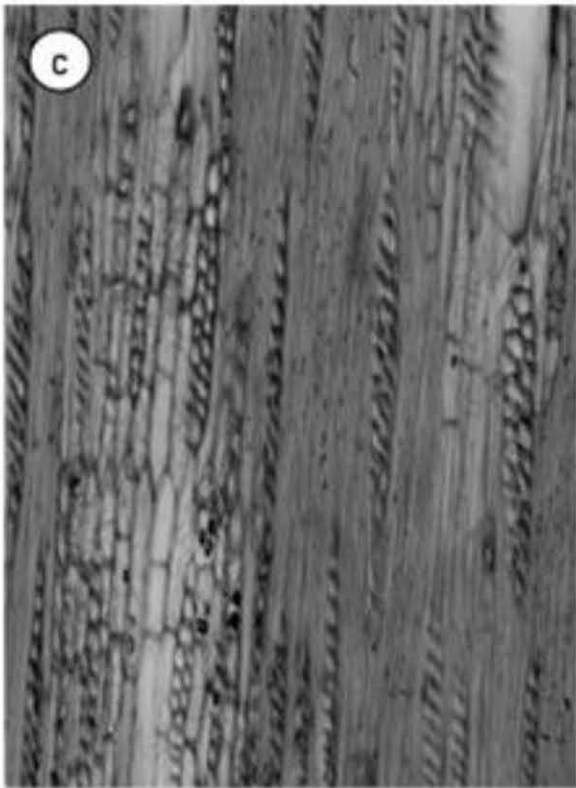
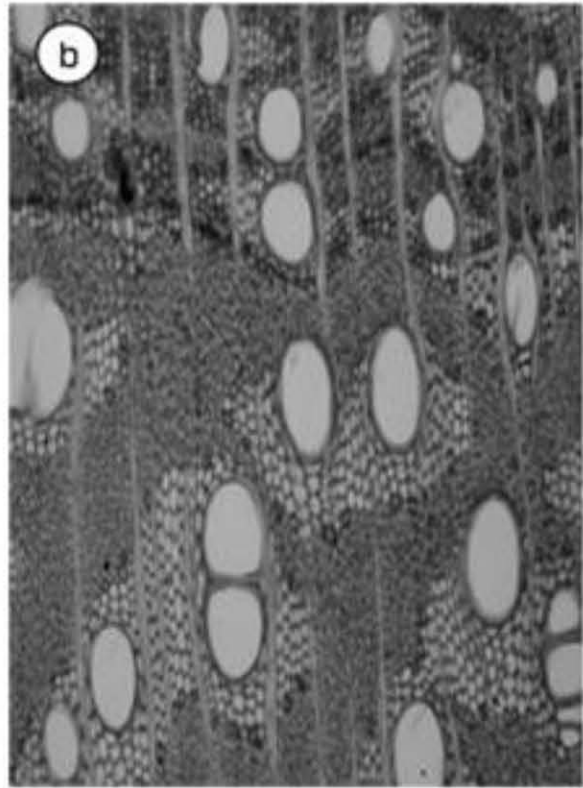


Lámina II. *Caesalpinia gaumeri*. a. Tablilla tangencial de xiloteca. b. Corte transversal (10 x). c. Corte tangencial (10 x). d. Corte radial (10 x).

Caesalpinia mollis Spreng. (Lám. III)

Características macroscópicas (Cuadro 1)

La madera presenta diferencia de color entre la albura reducida en diámetro y el duramen que ocupa la mayor parte, la albura es amarillo castaño (10YR 8/6) y el duramen amarillo rojizo (5YR 6/8); no tiene olor, sabor amargo, brillo alto, vetado de suave a pronunciado, textura mediana e hilo entrecruzado. Zonas de crecimiento están poco marcadas. Todos los elementos constitutivos son visibles con lupa (10x).

Características microscópicas (Cuadro 3)

Los poros son de distribución difusa, la mayoría son solitarios, múltiples radiales de 2 a 5 células y escasos múltiples tangenciales de 2 células y agrupados de 3 a 6 células; son moderadamente numerosos ($\bar{x}=19$), de diámetro tangencial mediano ($\bar{x}=101$). Los elementos de vaso son de longitud moderadamente corta ($\bar{x}=305$), con puntuaciones areoladas alternas y placa perforada simple.

El parénquima axial es vasicéntrico escaso de una hilera de células y aliforme.

Los rayos son biseriados la mayoría, escasos uniseriados y triseriados, homogéneos, moderadamente numerosos ($\bar{x}=6$), extremadamente bajos ($\bar{x}=231$) y moderadamente finos ($\bar{x}=30$). Algunos presentan cristales romboidales y gomas; son estratificados.

Las fibras son libriformes, medianas ($\bar{x}=983$), de diámetro fino ($\bar{x}=18$) y paredes gruesas ($\bar{x}=12$). Se presentan también escasas fibrotraqueidas.

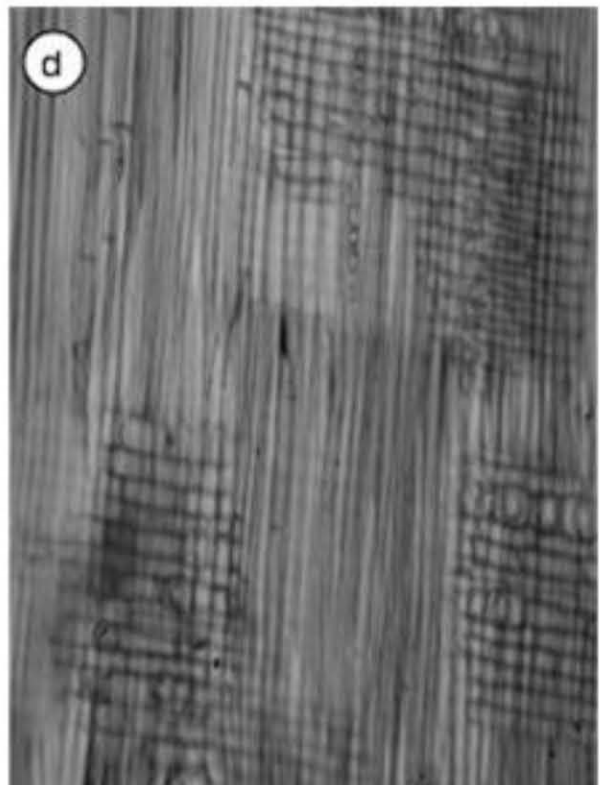
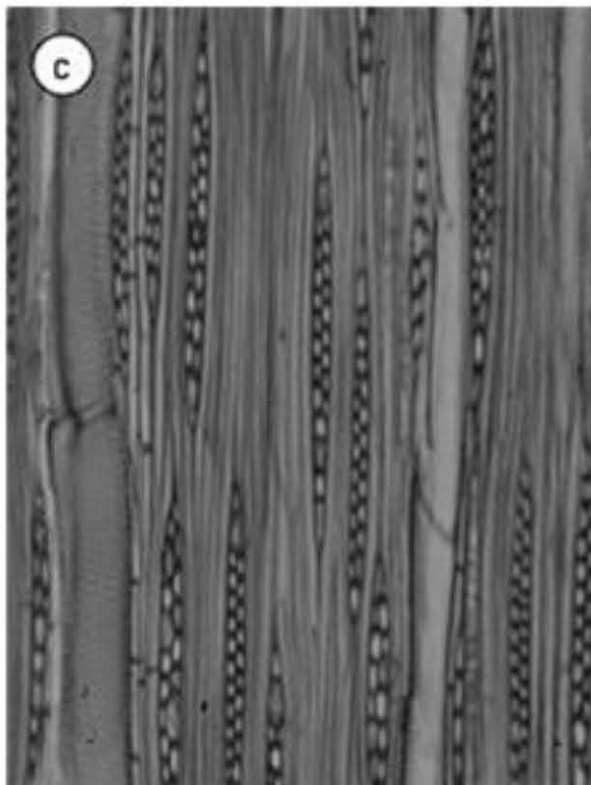
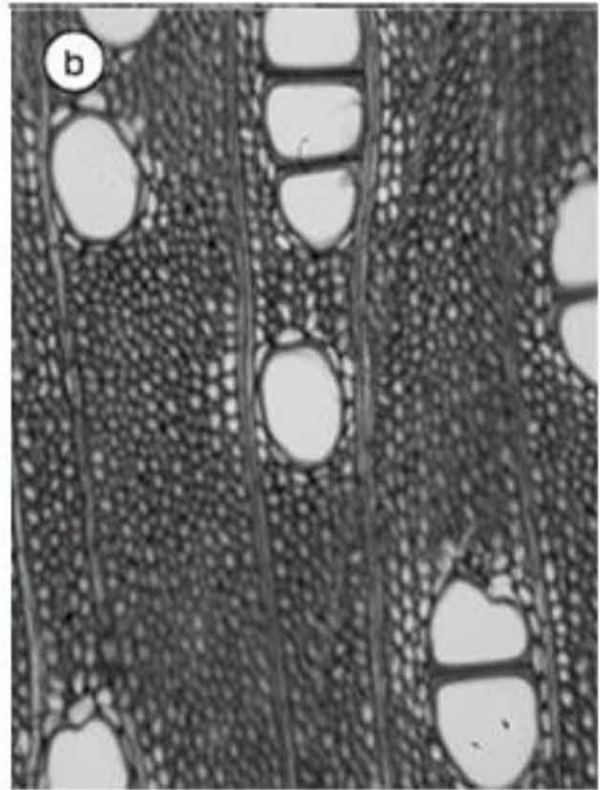


Lámina III. *Caesalpinia mollis*. a. Tablilla tangencial de xiloteca. b. Corte transversal (10x). c. Corte tangencial (10x). d. Corte radial (10x).

Coccoloba acapulcensis Standl. (Lám. IV)

Características macroscópicas (Cuadro 7)

La madera presenta diferencia de color entre la albura reducida en diámetro y el duramen que ocupa la mayor parte, la albura es blanco rosáceo (7.5YR 8/2) y el duramen rosa (7.5YR 7/4) con vetas castaño fuerte (7.5YR 4/6); no tiene olor ni sabor característico, brillo alto, veteado suave, textura mediana e hilo recto. Las zonas de crecimiento están marcadas por las fibras. Los poros y zonas de crecimiento son visibles con lupa de (10x).

Características microscópicas (Cuadro 8)

Los poros son de distribución difusa la mayoría múltiples radiales de 2 células, y algunos solitarios; son numerosos ($\bar{x}=30$), de diámetro tangencial moderadamente pequeños ($\bar{x}=83$). Los elementos de vaso son de longitud moderadamente corta ($\bar{x}=320$), con puntuaciones areoladas alternas y placa de perforación simple. Presentan gomas.

El parénquima axial es marginal y difuso con cristales romboidales. En corte transversal se observan también idioblastos con cristales romboidales que en corte tangencial forman hileras de 3 a 12 células.

Los rayos son uniseriados, homogéneos, muy numerosos ($\bar{x}=11$), extremadamente bajos ($\bar{x}=188$) y muy finos ($\bar{x}=15$). Presentan cristales romboidales.

Las fibras son libriformes, muy cortas ($\bar{x}=700$), de diámetro mediano ($\bar{x}=20$) y paredes delgadas ($\bar{x}=3$). Algunas son septadas.

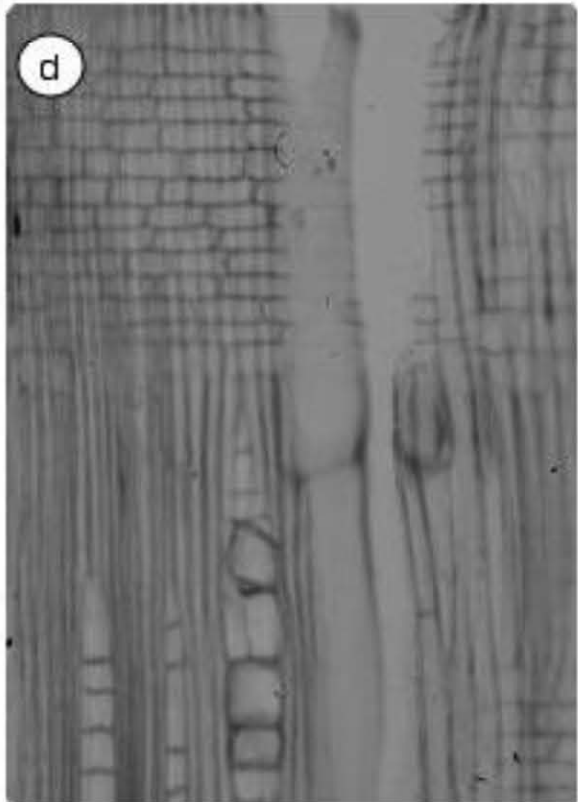
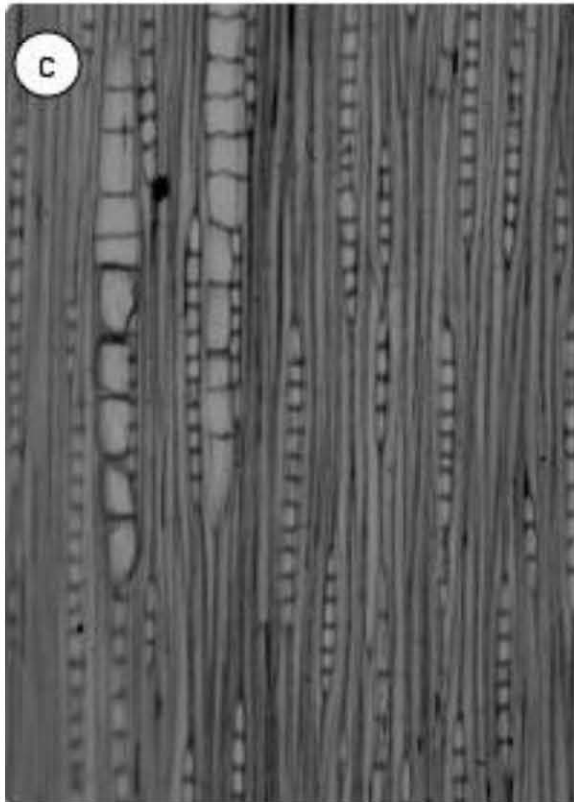
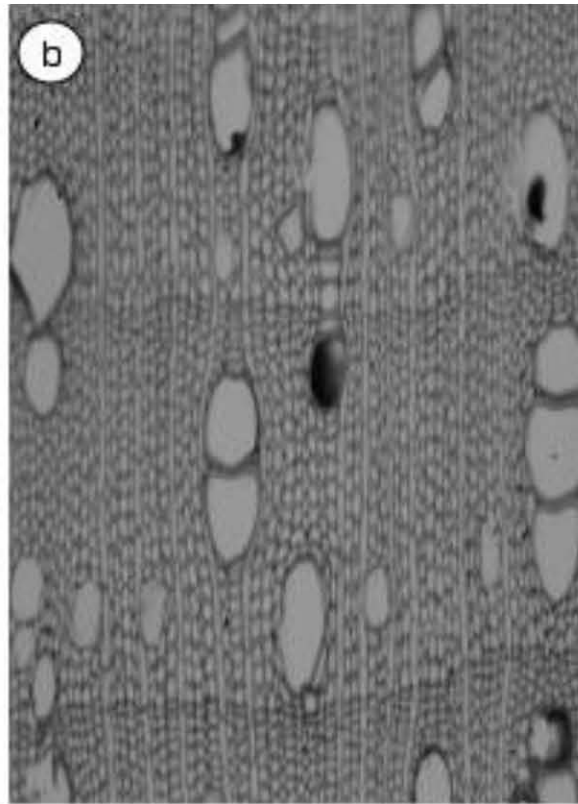


Lámina IV. *Coccoloba acapulcensis*. a. Tablilla tangencial de xiloteca. b. Corte transversal (10x). c. Corte tangencial (10x). d. Corte radial (10x).

Coccoloba cozumelensis Hemsl. (Lám. V)

Características macroscópicas (Cuadro 7)

La madera presenta diferencia de color entre la albura y el duramen, la albura es rosa (5YR 7/3) y el duramen castaño rojizo oscuro (5YR 3/3); no tiene olor ni sabor característicos, brillo mediano, vetado pronunciado, textura mediana e hilo entrecruzado. Las zonas de crecimiento están marcadas por fibras. Los poros y parénquima axial son visibles con lupa (10x).

Características microscópicas (Cuadro 8)

Los poros son de distribución difusa, la mayoría múltiples radiales de 2 a 5 células y algunos solitarios; son numerosos ($\bar{x}=14$), de diámetro tangencial moderadamente pequeño ($\bar{x}=88$). Los elementos de vaso son de longitud mediana ($\bar{x}=380$) presentan puntuaciones areoladas alternas y opuestas, la placa perforada es simple. Algunos presentan gomas.

El parénquima axial es difuso con cristales y paratraqueal escaso. En corte transversal se observan también idioblastos con cristales romboidales que en corte tangencial forman hileras de 4 a 23 células.

Los rayos son uniseriados, homogéneos, muy numerosos ($\bar{x}=12$), extremadamente bajos ($\bar{x}=295$) y muy finos ($\bar{x}=16$). Presentan abundantes gomas.

Las fibras son libriformes, moderadamente cortas ($\bar{x}=830$), de diámetro fino ($\bar{x}=20$) y paredes delgadas ($\bar{x}=6$). Algunas presentan gomas.

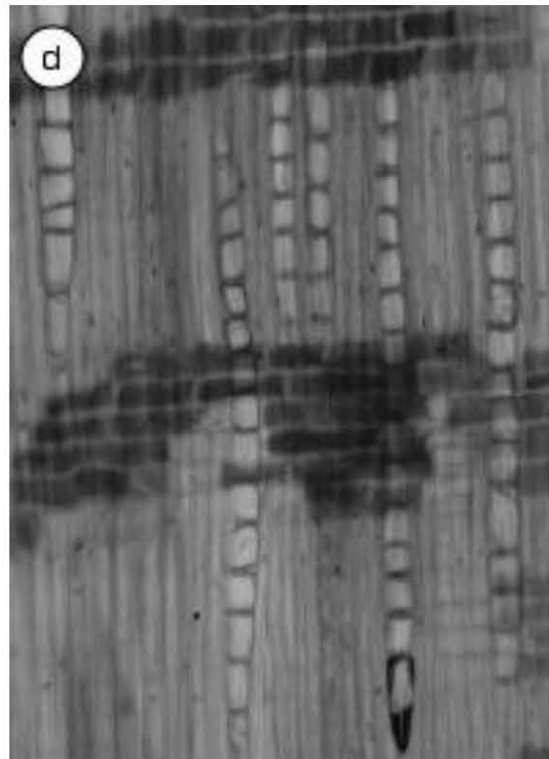
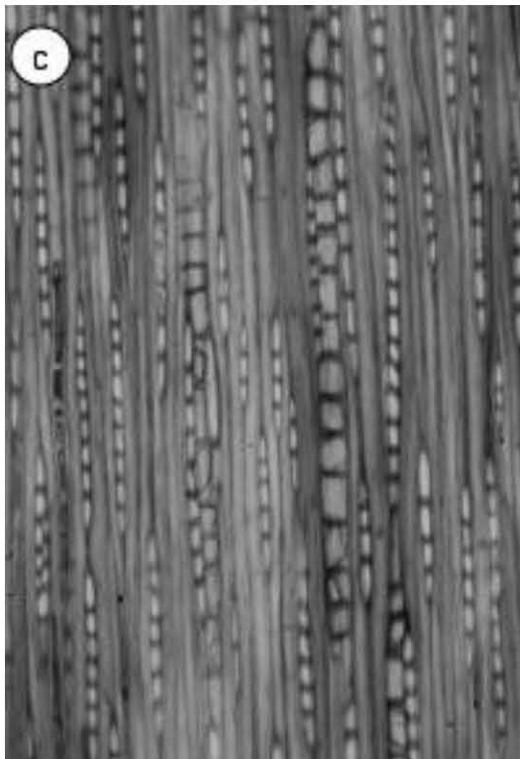
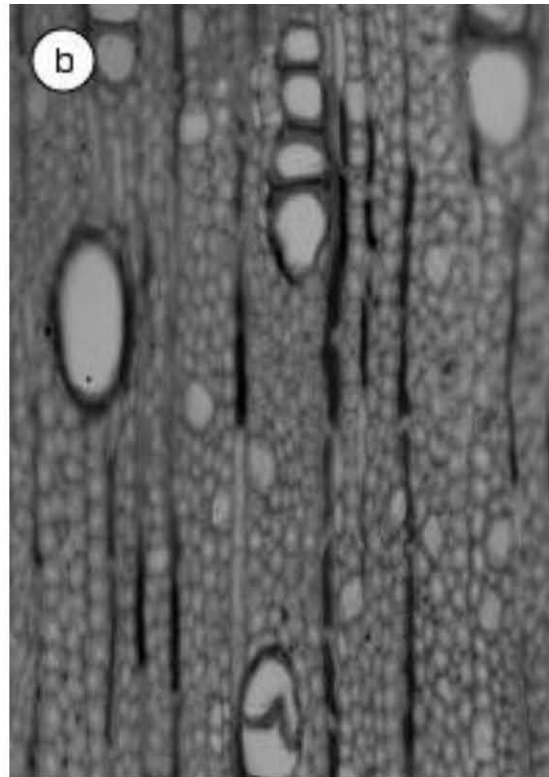


Lámina V. *Coccoloba cozumelensis*. a. Tablilla tangencial de xiloteca. b. Corte transversal (20x). c. Corte tangencial (10x). d. Corte radial (10x).

Coccoloba spicata Lundell (Lám. VI)

Características macroscópicas (Cuadro 7)

La madera no presenta diferencia de color entre la albura y el duramen, es castaño pálido (10YR 6/3) con vetas gris rojizo (5YR 5/2); no tiene olor ni sabor característicos, brillo mediano, veteado suave, textura fina e hilo entrecruzado. Las zonas de crecimiento están marcadas por fibras. Los poros apenas visibles con lupa (10x).

Características microscópicas (Cuadro 8)

Los poros son de distribución difusa, la mayoría múltiples radiales de 2 células y algunos solitarios; son numerosos ($\bar{x}=36$), de diámetro tangencial moderadamente pequeños ($\bar{x}=72$). Los elementos de vaso son de longitud mediana ($\bar{x}=480$), con puntuaciones areoladas alternas y placa perforada simple. La mayoría presenta gomas.

El parénquima axial es difuso y marginal. En corte transversal se observan también idioblastos con cristales romboidales que en corte tangencial forman hileras de 2 a 12 células.

Los rayos son uniseriados la mayoría, homogéneos, muy numerosos ($\bar{x}=14$), extremadamente bajos ($\bar{x}=240$) y muy finos ($\bar{x}=24$). Algunos presentan gomas.

Las fibras son libriformes, extremadamente cortas ($\bar{x}=430$), de diámetro fino ($\bar{x}=13$) y paredes delgadas ($\bar{x}=4$). Algunas presentan gomas.

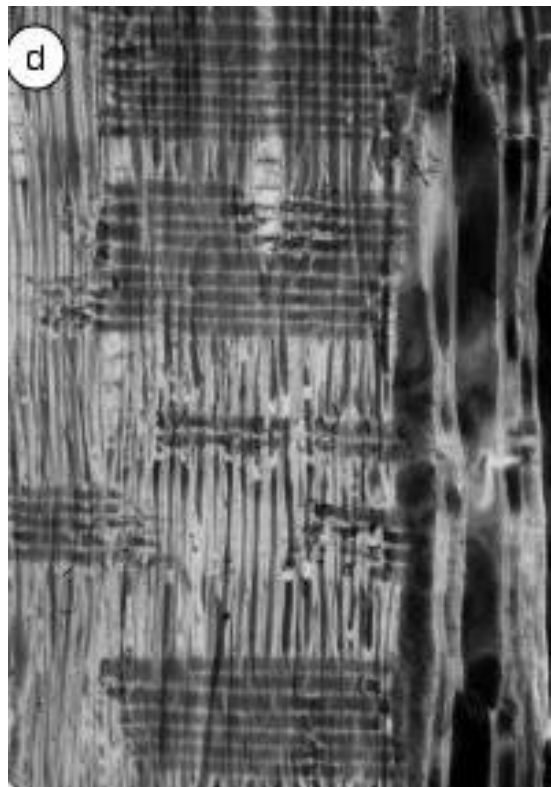
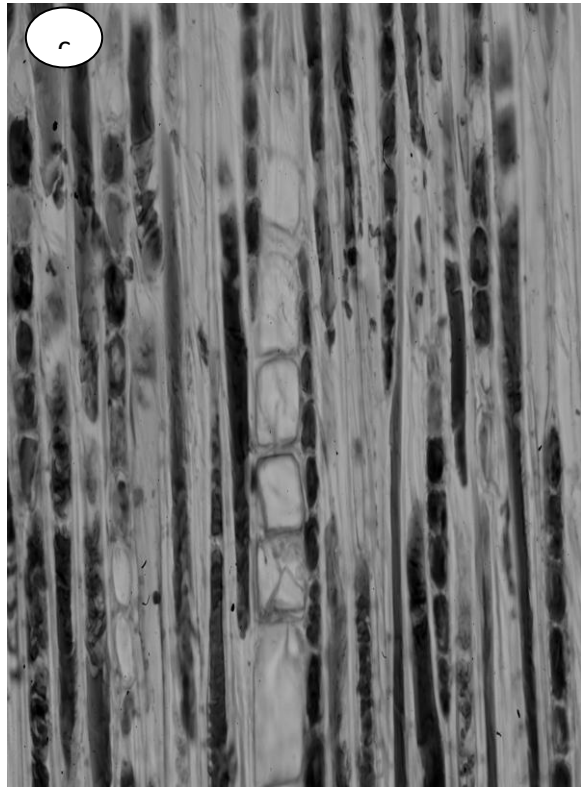
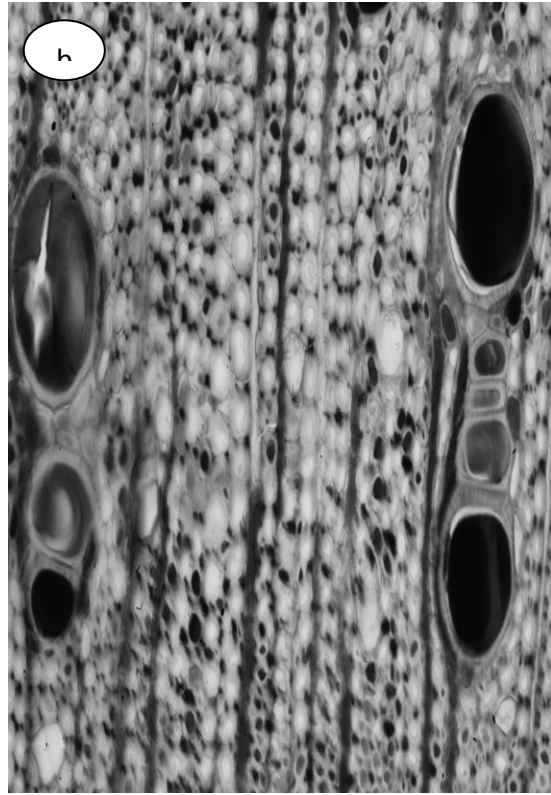


Lámina VI. *Coccoloba spicata*. a. Tablilla tangencial de xiloteca. b. Corte transversal (10x). c. Corte tangencial (10x). d. Corte radial (10x).

Diphysa carthagenensis Jacq. (Lám. VII)

Características macroscópicas (Cuadro 1)

La madera presenta diferencia de color entre la albura reducida en diámetro y el duramen que ocupa la mayor parte, la albura es castaño muy pálido (10YR 7/3) y el duramen castaño amarillento oscuro (10YR 4/6); no tiene olor, sabor ligeramente amargo, brillo mediano, veteado pronunciado, textura mediana e hilo entrecruzado. Las zonas de crecimiento marcadas por parénquima axial. El parénquima axial y los rayos son visibles a simple vista y los poros con lupa (10x).

Características microscópicas (Cuadro 3)

Los poros son de distribución difusa, la mayoría solitarios y algunos múltiples radiales de 2 a 3 células y escasos agrupados de 3 a 4 células; son moderadamente pocos (\bar{x} =10), de diámetro tangencial mediano (\bar{x} =149). Los elementos de vaso son de longitud corta (\bar{x} =200), con puntuaciones areoladas alternas y placa perforada simple. Presentan gomas.

El parénquima axial es aliforme y aliforme confluyente, difuso en bandas y marginal. Presenta cristales de romboidales.

Los rayos son la mayoría triseriados, escasos uniseriados y biseriados, heterogéneos tipo II, moderadamente numerosos (\bar{x} =6), extremadamente bajos (\bar{x} =380) y extremadamente finos (\bar{x} =110).

Las fibras son libriformes, extremadamente cortas (\bar{x} =360), de diámetro fino (\bar{x} =5) y paredes delgadas (\bar{x} =2).

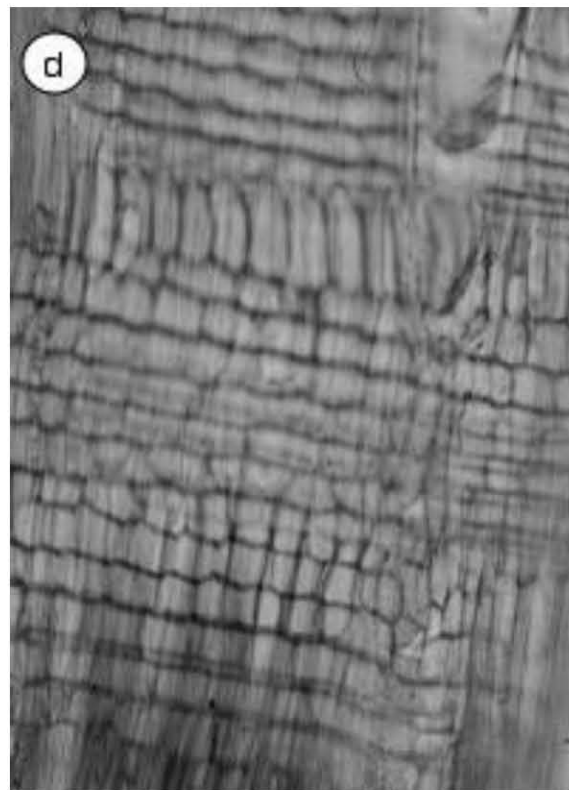
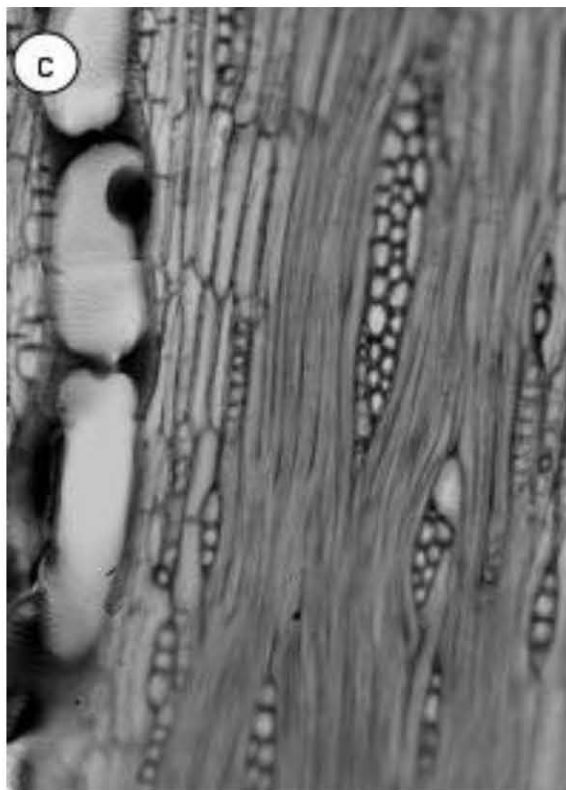


Lámina VII. *Diphysa carthagenensis*. a. Tablilla tangencial de xiloteca. b. Corte transversal (5x). c. Corte tangencial (10x). d. Corte radial (10x).

Erythroxylum rotundifolium Lunan (Lám. VIII)

Características macroscópicas (Cuadro 9)

La madera presenta diferencia de color entre la albura y el duramen, la albura es castaño muy pálido (10YR 7/4) y el duramen castaño (10YR 5/3); no tiene olor ni sabor característicos, brillo bajo, vetado pronunciado, textura mediana e hilo recto. Las zonas de crecimiento poco marcadas. Los poros, rayos y parénquima axial son visibles con lupa (10x).

Características microscópicas (Cuadro 10)

Los poros son de distribución difusa, la mayoría son solitarios y escasos múltiples radiales de 2 a 5 células; son muy numerosos ($\bar{x}=81$), de diámetro tangencial moderadamente pequeño ($\bar{x}=70$). Los elementos de vaso son de longitud mediana ($\bar{x}=450$), con puntuaciones areoladas alternas y placa perforada simple. Presentan gomas.

El parénquima axial es vasicéntrico, unilateral y difuso escaso. Presenta gomas.

Los rayos son biseriados la mayoría, escasos uniseriados y triseriados, homogéneos y heterogéneos tipo I, moderadamente numerosos ($\bar{x}=4$), extremadamente bajos ($\bar{x}=282$) y muy finos ($\bar{x}=20$). Presentan abundantes gomas y cristales romboidales.

Las fibras son libriformes, extremadamente cortas ($\bar{x}=948$), de diámetro medianamente gruesas ($\bar{x}=16$) y paredes gruesas ($\bar{x}=8$). Presentan gomas.

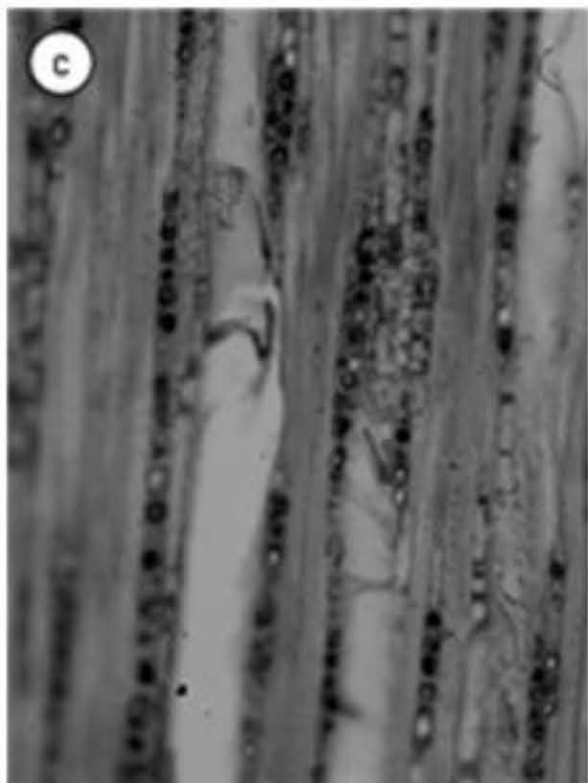
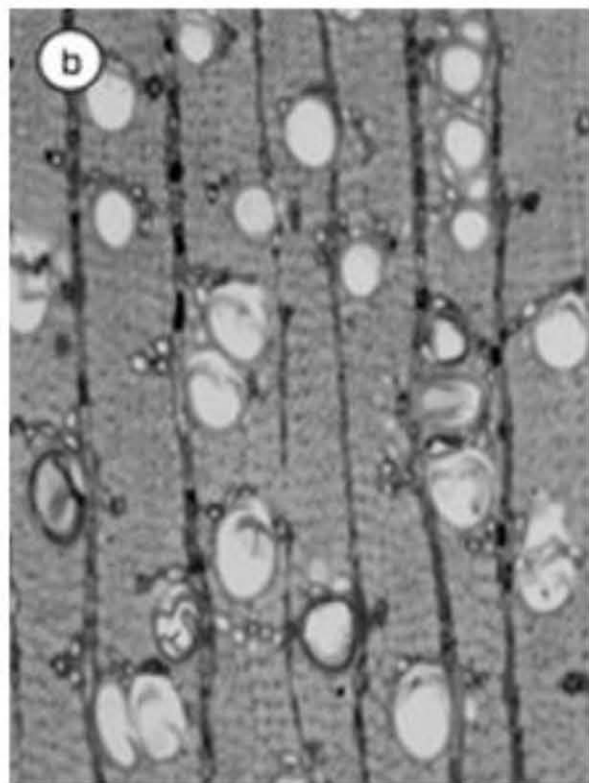


Lámina VIII. *Erythroxylum rotundifolium*. a. Tablilla tangencial de xiloteca. b. Corte transversal (10x). c. Corte tangencial (10x). d. Corte radial (20x).

Eugenia capuli (Schlech. & Cham.) Berg. (Lám. IX)

Características macroscópicas (Cuadro 5)

La madera presenta diferencia de color entre la albura reducida en diámetro y el duramen que ocupa la mayor parte, la albura es castaño muy pálido (10YR 7/3) y el duramen castaño pálido (10YR 6/3); tiene olor y sabor aceitoso, brillo mediano, veteadado suave, textura fina e hilo recto. Las zonas de crecimiento están marcadas por fibras y poros solitarios. Los elementos constitutivos son visibles con lupa (10x).

Características microscópicas (Cuadro 6)

Los poros son de distribución difusa, la mayoría solitarios y algunos múltiples radiales de 2 a 5 células; son muy numerosos ($\bar{x}=60$), de diámetro tangencial moderadamente pequeño ($\bar{x}=66$). Los elementos de vaso son de longitud mediana ($\bar{x}=498$), con puntuaciones areoladas alternas y placa perforada simple y con presencia de colas. Algunos presentan gomas.

El parénquima axial es en bandas de 2 a 4 hileras de células y difuso escaso. Presentan gomas y se encuentran idioblastos con cristales romboidales.

Los rayos son la mayoría biseriados, escasos uniseriados, heterogéneos tipo I, pocos ($\bar{x}=4$), extremadamente bajos ($\bar{x}=238$) y muy finos ($\bar{x}=21$). Algunos presentan gomas.

Las fibras son libriformes, medianas ($\bar{x}=1095$), de diámetro mediano ($\bar{x}=20$) y paredes gruesas ($\bar{x}=8$).

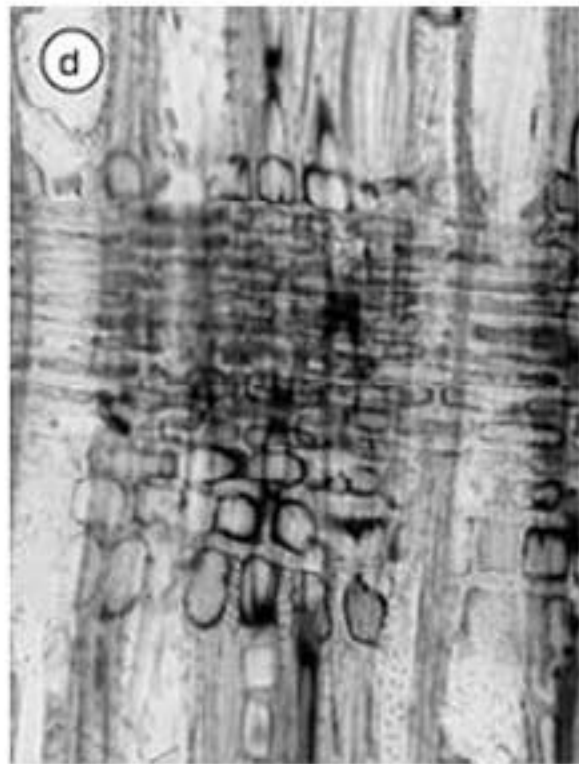
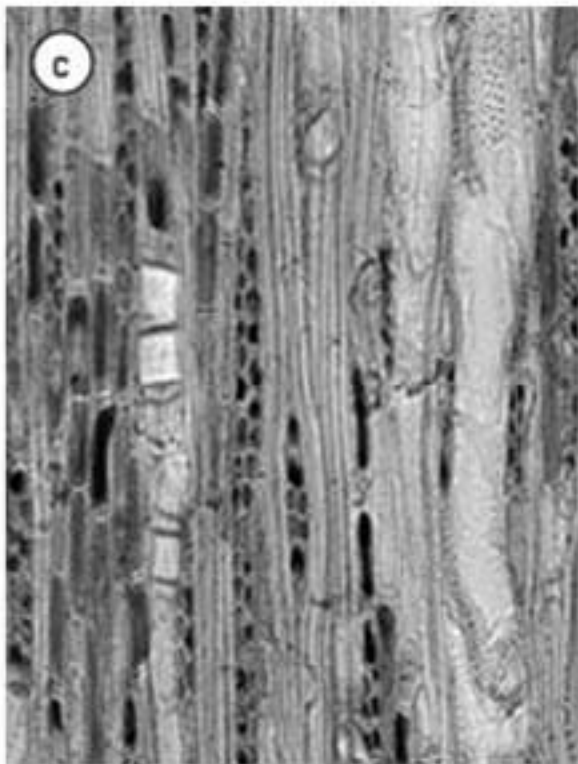
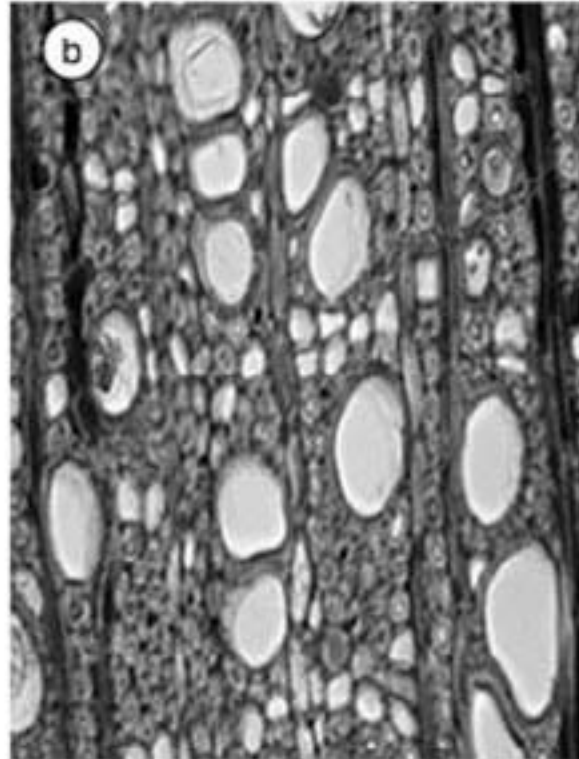


Lámina IX. *Eugenia capuli*. a. Tablilla tangencial de xiloteca. b. Corte transversal (10x). c. Corte tangencial (10x). d. Corte radial (20x).

Eugenia mayana Standl. (Lám. X)

Características macroscópicas (Cuadro 5)

La madera presenta diferencia de color entre la albura reducida en diámetro y el duramen que ocupa la mayor parte, la albura es castaño pálido (10YR 6/3) y el duramen es castaño grisáceo (10YR 5/2), con vetas castaño muy oscuro (10YR 3/2); tiene olor y sabor aceitoso, brillo mediano, veteado suave, textura fina e hilo recto. Las zonas de crecimiento están marcadas por fibras. Los poros, el parénquima axial y las zonas de crecimiento son visibles con lupa (10x).

Características microscópicas (Cuadro 6)

Los poros son de distribución difusa, la mayoría solitarios, algunos múltiples radiales de 2 a 4 células; son muy numerosos ($\bar{x}=55$), de diámetro tangencial moderadamente pequeño ($\bar{x}=65$). Los elementos de vaso son de longitud mediana ($\bar{x}=571$), con puntuaciones areoladas alternas y placa perforada simple. Algunos presentan gomas.

El parénquima axial es en bandas de 2 a 4 hileras y difuso. Presentan gomas y cristales romboidales.

Los rayos son biseriados la mayoría, escasos uniseriados y triseriados, heterogéneos tipo II, homogéneos escasos, pocos ($\bar{x}=3$), extremadamente bajos ($\bar{x}=200$) y muy finos ($\bar{x}=20$). Presentan gomas.

Las fibras son libriformes, medianas ($\bar{x}=1327$), de diámetro mediano ($\bar{x}=20$) y paredes gruesas ($\bar{x}=5$). Presentan gomas.

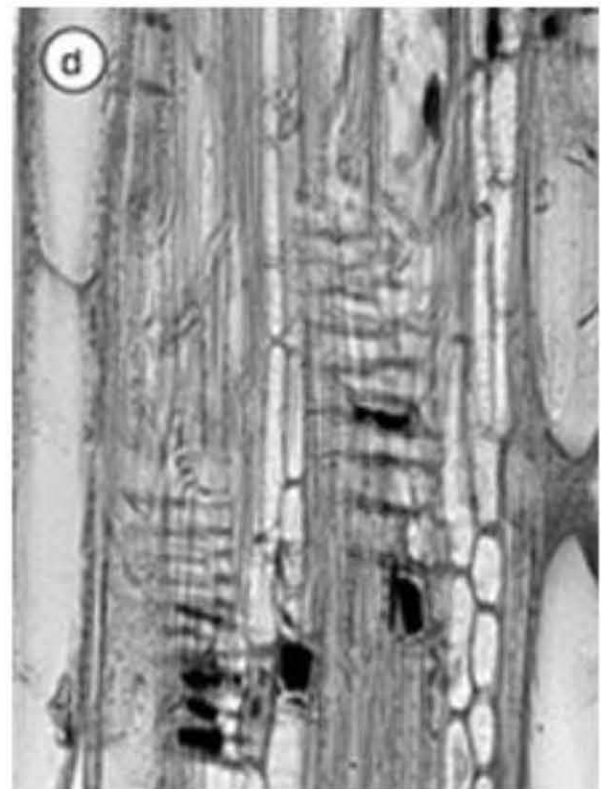
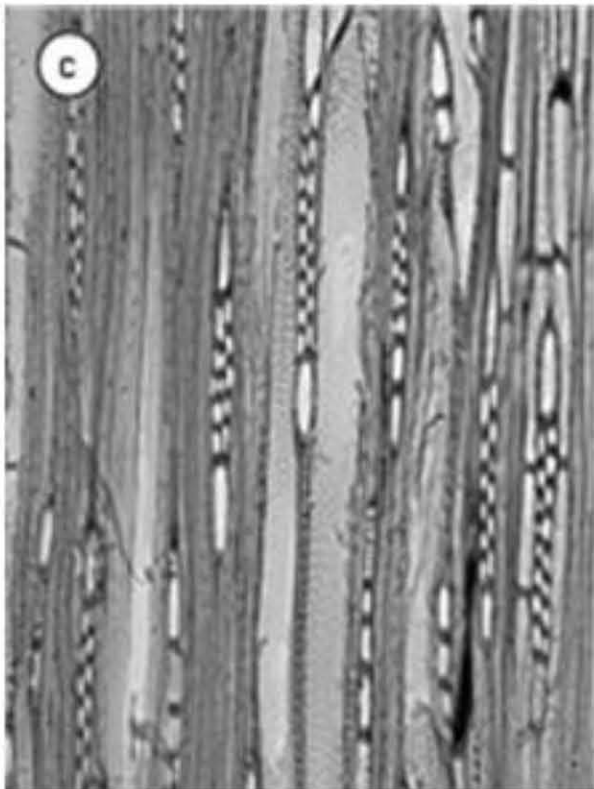
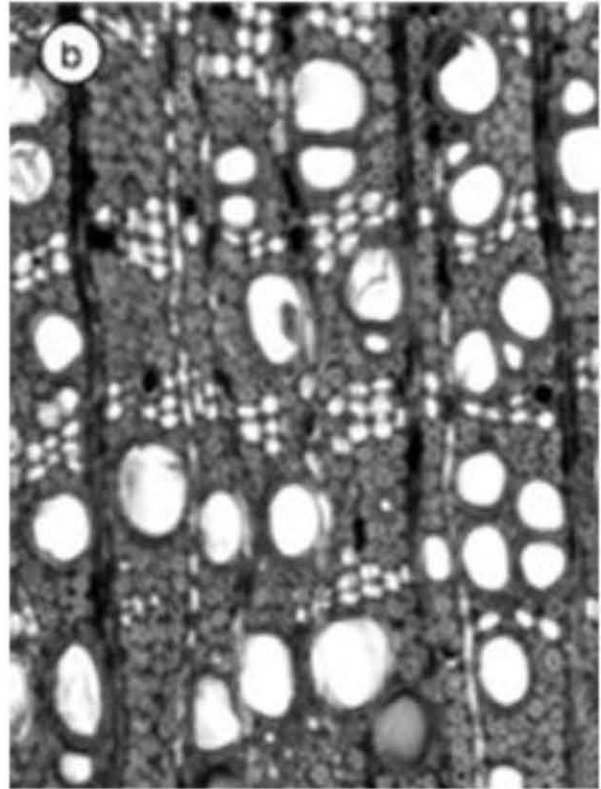


Lámina X. *Eugenia mayana*. a. Tablilla tangencial de xiloteca. b. Corte transversal (10x). c. Corte tangencial (10x). d. Corte radial (20x).

Gliricidia sepium (Jacq.) Steud. (Lám. XI)

Características macroscópicas (Cuadro 2)

La madera presenta diferencia de color entre la albura y el duramen, la albura es amarillo (10YR 7/8) y el duramen castaño oscuro (7.5YR 3/2); tiene olor y sabor ligeramente aceitosos, brillo mediano, veteado pronunciado, textura mediana e hilo recto. Las zonas de crecimiento están marcadas por el parénquima axial. Los poros y el parénquima axial son visibles a simple vista y los rayos con lupa de (10x).

Características microscópicas (Cuadro 4)

Los poros son de distribución difusa, la mayoría múltiples radiales de 2 a 5 células y algunos solitarios; son pocos ($\bar{x}=4$), de diámetro tangencial mediano ($\bar{x}=130$). Los elementos de vaso son de longitud muy corta ($\bar{x}=200$), con puntuaciones areoladas alternas y placa perforada simple. Presenta gran cantidad de tálides esclerosadas y cristales romboidales.

El parénquima axial es aliforme y aliforme confluyente. Presenta cristales romboidales y gomas.

Los rayos son biseriados la mayoría, escasos uniseriados y triseriados, homogéneos, numerosos ($\bar{x}=7$), extremadamente bajos ($\bar{x}=260$) y moderadamente finos ($\bar{x}=36$). Presentan abundantes cristales romboidales.

Las fibras son libriformes, medianas ($\bar{x}=1119$), de diámetro mediano ($\bar{x}=6$) y paredes gruesas ($\bar{x}=4$).

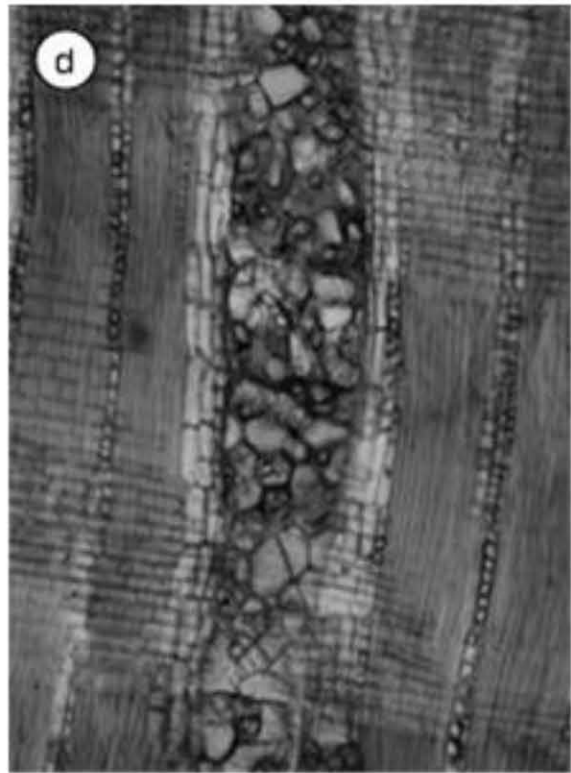
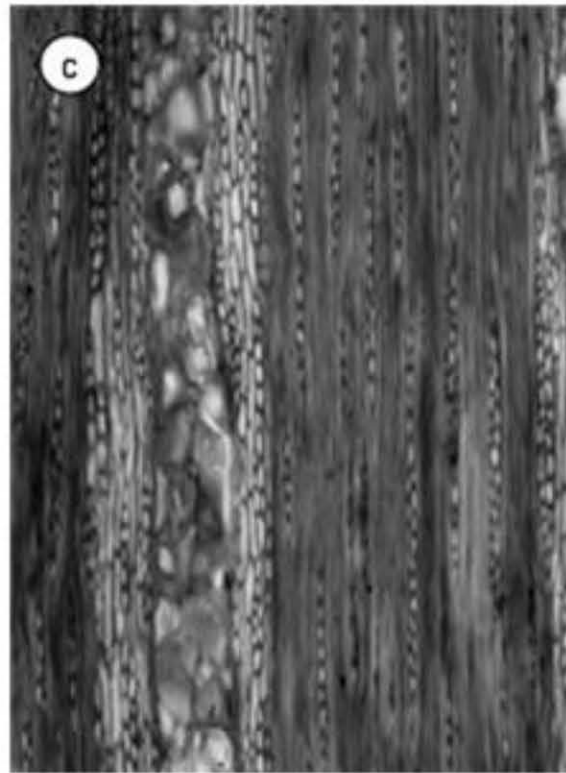
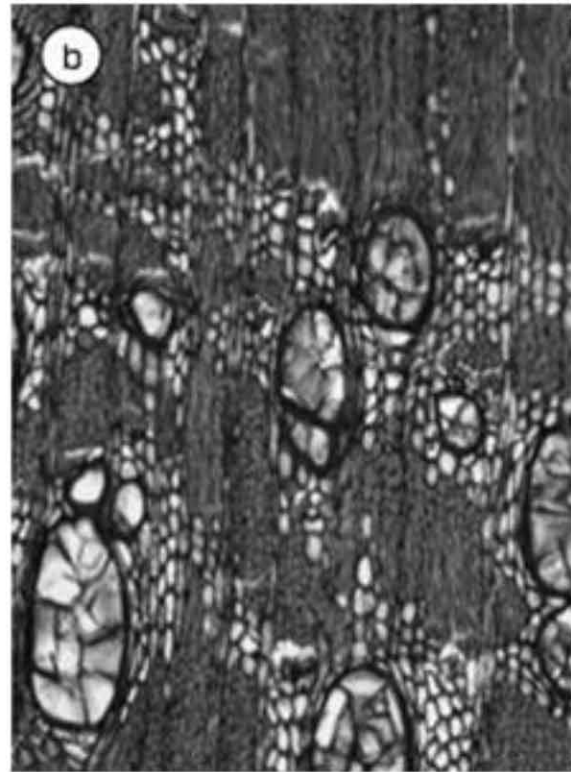


Lámina XI. *Gliricidia sepium*. a. Tablilla de xiloteca. b. Corte transversal (10x). c. Corte tangencial (10x). d. Corte radial (10x).

Hampea trilobata Standl. (Lám. XII)

Características macroscópicas (Cuadro 9)

La madera no presenta diferencia entre la albura y el duramen, es amarillo (10YR 8/4), con vetas castaño muy pálido (10YR 7/4); no tiene olor ni sabor característico, brillo bajo, veteado pronunciado, textura mediana e hilo recto. Las zonas de crecimiento están marcadas por parénquima axial. Los poros y rayos son visibles con lupa (10x).

Características microscópicas (Cuadro 10)

Los poros son de distribución difusa, la mayoría solitarios y múltiples radiales de 2 a 4 células; son pocos ($\bar{x}=3$), de diámetro tangencial moderadamente grande ($\bar{x}=300$). Los elementos de vaso son de longitud mediana ($\bar{x}=5$), con puntuaciones areoladas alternas de forma poligonal y placa perforada simple.

El parénquima axial es apotraqueal difuso muy abundante. Presenta cristales romboidales y mucílagos.

Los rayos son mutiseriados de 3 (2-5) series la mayoría, heterogéneos tipo II, pocos ($\bar{x}=2$), muy bajos ($\bar{x}=1344$) y medianos ($\bar{x}=80$), algunos uniseriados, extremadamente bajos ($\bar{x}=145$) y muy finos ($\bar{x}=25$). Presentan taninos y cristales romboidales.

Las fibras son libriformes, muy largas ($\bar{x}=2220$), de diámetro mediano ($\bar{x}=35$) y paredes delgadas ($\bar{x}=5$). Algunas son septadas.

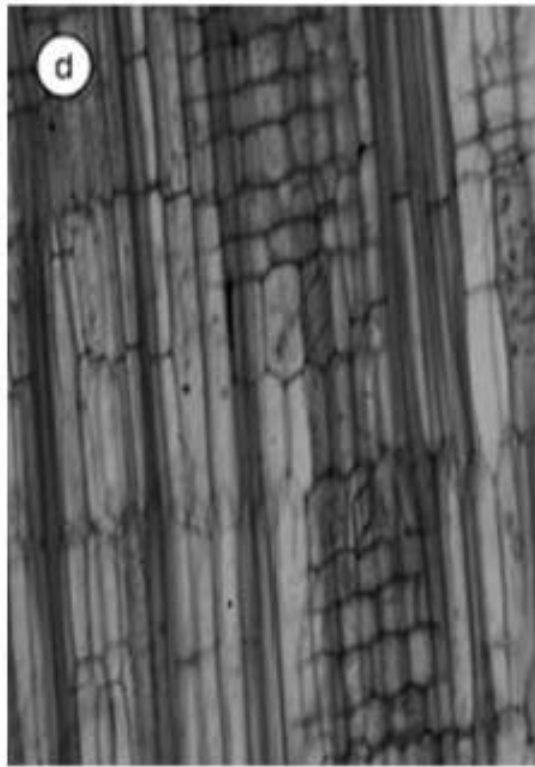
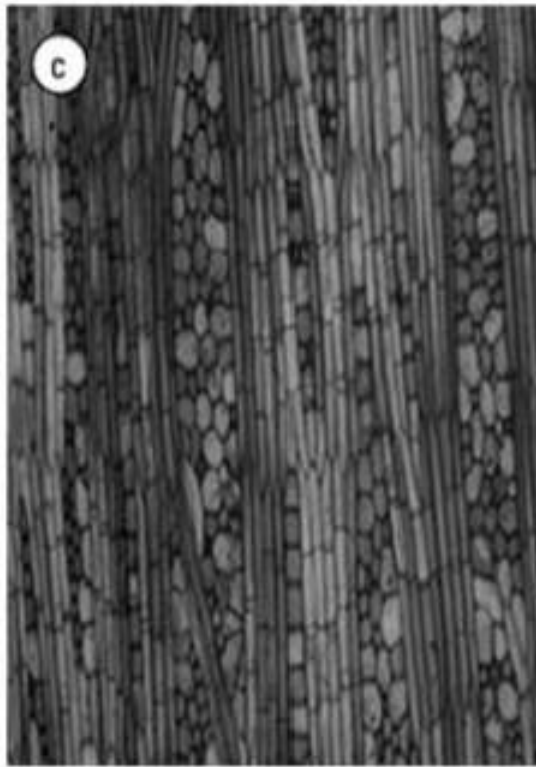
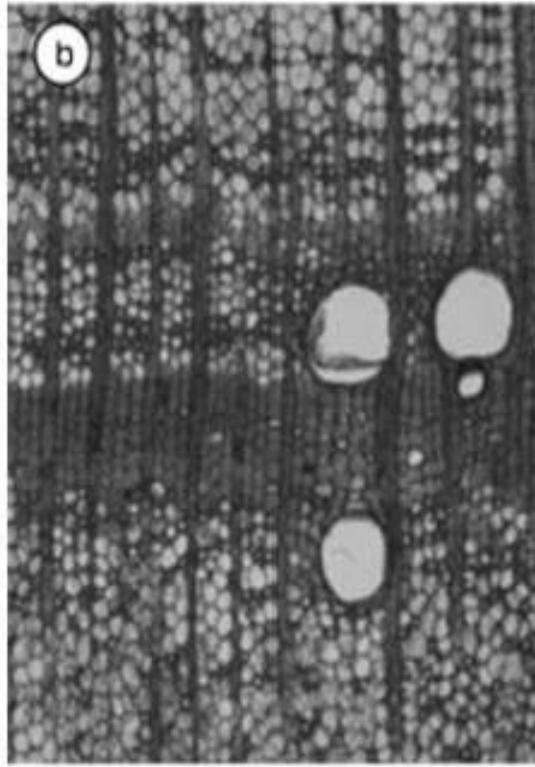


Lámina XII. *Hampea trilobata*. a. Tablilla tangencial de xiloteca. b. Corte transversal (10x). c. Corte tangencial (10x). d. Corte radial (10x).

Krugiodendron ferreum (Vahl.) Urban (Lám. XIII)

Características macroscópicas (Cuadro 9)

La madera presenta diferencia entre la albura y el duramen, la albura es amarillo (10YR 7/6) y el duramen castaño oscuro (7.5YR 4/4); tiene olor y sabor aceitoso, brillo mediano, veteado suave, textura fina e hilo recto. Las zonas de crecimiento están poco marcadas. Los poros y rayos son visibles con lupa (10x).

Características microscópicas (Cuadro 10)

Los poros son de distribución difusa, la mayoría múltiples radiales de 2 a 5 células y algunos solitarios; son muy numerosos ($\bar{x}=60$), de diámetro tangencial moderadamente pequeño ($\bar{x}=70$). Los elementos de vaso son de longitud mediana ($\bar{x}=500$), con puntuaciones areoladas alternas y placa perforada simple. Presentan gomas.

El parénquima axial es vasicéntrico y difuso escaso.

Los rayos son biseriados la mayoría, escasos uniseriados y triseriados, heterogéneos tipo I y III, moderadamente numerosos ($\bar{x}=4$), extremadamente bajos ($\bar{x}=287$) y muy finos ($\bar{x}=19$). Presentan gomas en las células procumbentes y cristales romboidales en las erectas.

Las fibras son libriformes, extremadamente cortas ($\bar{x}=885$), de diámetro fino ($\bar{x}=19$) y paredes gruesas ($\bar{x}=9$).

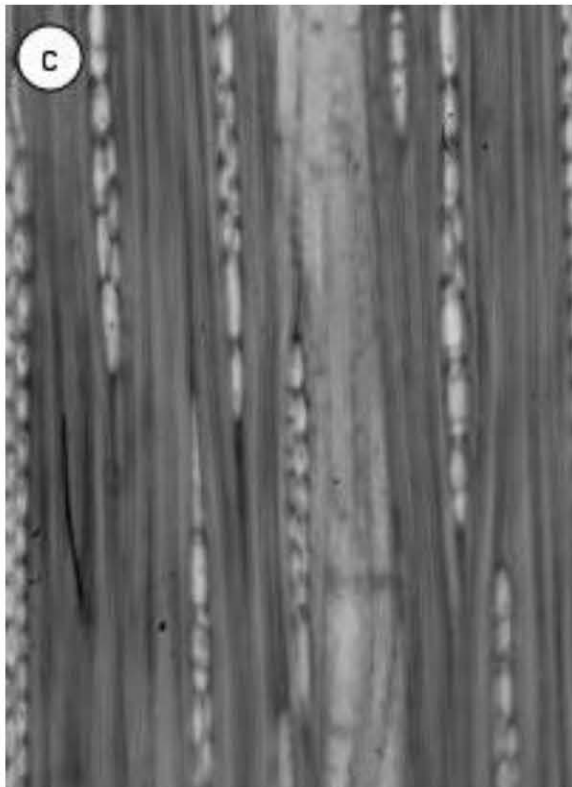
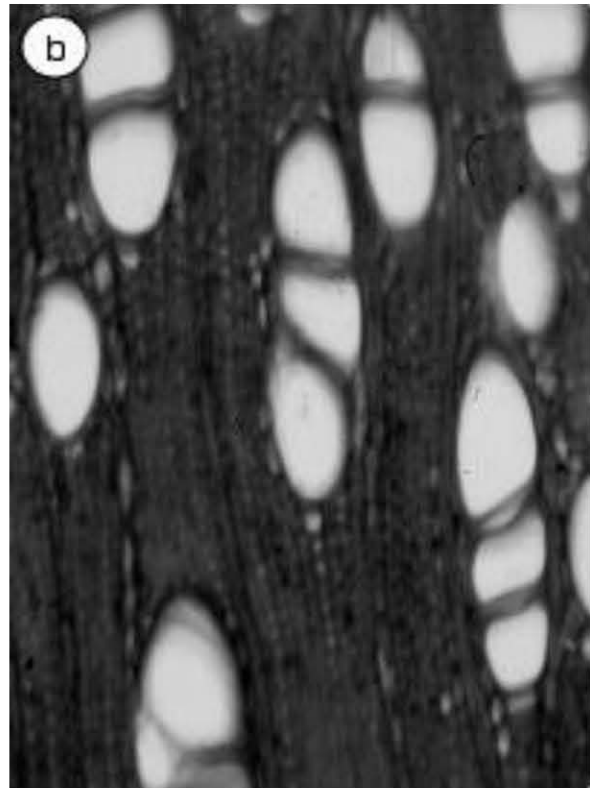


Lámina XIII. *Krugiodendron ferreum*. a. Tablilla tangencial de xiloteca. b. Corte transversal (20x). c. Corte tangencial (20x). d. Corte radial (20x).

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit (Lám. XIV)

Características macroscópicas (Cuadro 2)

La madera presenta diferencia de color entre la albura y el duramen, la albura es amarilla (10YR 8/8) y el duramen castaño oscuro (7.5YR 5/6), no tiene olor ni sabor característicos, brillo alto, veteado pronunciado, textura mediana e hilo entrecruzado. Las zonas de crecimiento están marcadas por parénquima marginal y fibras. Los poros y el parénquima axial son visibles a simple vista y los rayos con lupa (10x).

Características microscópicas (Cuadro 4)

Los poros son de distribución difusa, la mayoría solitarios, algunos agregados hasta de 6 células y escasos múltiples radiales de 2 y 3 células; son moderadamente pocos ($\bar{x}=9$), de diámetro tangencial moderadamente pequeño ($\bar{x}=96$). Los elementos de vaso son de longitud muy corta ($\bar{x}=288$), con puntuaciones areoladas alternas y placa perforada simple. Presentan gomas y taninos.

El parénquima axial es vasicéntrico y en bandas de 1 a 4 células. En corte transversal se observan también idioblastos con cristales romboidales que en corte tangencial forman hileras de 3 a 16 células.

Los rayos son uniseriados, biseriados y triseriados, homogéneos, moderadamente numerosos ($\bar{x}=6$), extremadamente bajos ($\bar{x}=188$) y muy finos ($\bar{x}=20$).

Las fibras son libriformes, moderadamente cortas ($\bar{x}=787$), de diámetro fino ($\bar{x}=11$) y de paredes gruesas ($\bar{x}=4$). Escasas fibrotraqueidas, presentan gomas.

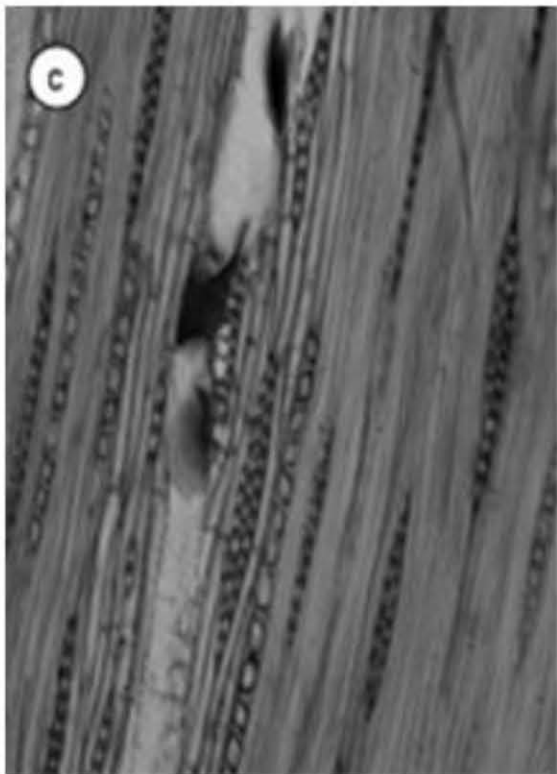
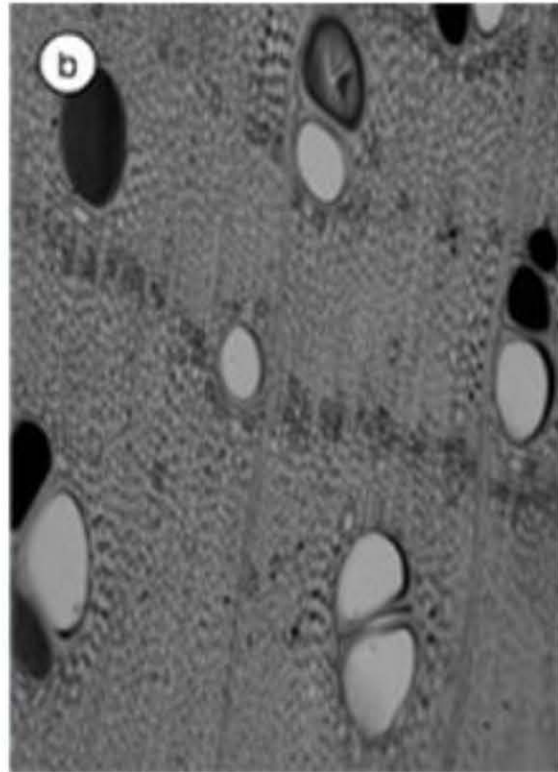


Lámina XIV. *Leucaena leucocephala*. a. Tablilla tangencial de xiloteca. b. Corte transversal (10x). c. Corte tangencial (10x). d. Corte radial (10x).

Lysiloma latisiliquum (L.) Benth. (Lám. XV)

Características macroscópicas (Cuadro 2)

La madera presenta diferencia de color entre la albura reducida en diámetro y el duramen que ocupa la mayor parte, la albura es castaño muy pálido (10YR 8/3) y el duramen castaño oscuro (7.5YR 4/6); no tiene olor, sabor ligeramente amargo, brillo mediano, veteado pronunciado, textura mediana e hilo entrecruzado. Las zonas de crecimiento están marcadas por parénquima axial. Los poros y el parénquima son visibles a simple vista y los rayos con lupa (10x).

Características microscópicas (Cuadro 4)

Los poros son de distribución difusa, la mayoría solitarios, algunos múltiples radiales de 2 a 4 células y agregados de 2 a 3 células; son moderadamente pocos ($\bar{x}=6$), de diámetro tangencial mediano ($\bar{x}=182$). Los elementos de vaso son de longitud moderadamente corta ($\bar{x}=308$), con puntuaciones areoladas alternas y placa perforada simple. Algunos con gomas.

El parénquima axial es aliforme, aliforme confluyente, vasicéntrico, difuso y marginal. En corte transversal se observan también idioblastos con cristales romboidales que en corte tangencial forman hileras de 6 a 16 células.

Los rayos son biserialados, homogéneos, numerosos ($\bar{x}=10$), extremadamente bajos ($\bar{x}=138$) y moderadamente finos ($\bar{x}=30$). Presentan gomas.

Las fibras son libriformes, medianas ($\bar{x}=1064$), de diámetro mediano ($\bar{x}=18$) y de paredes muy delgadas ($\bar{x}=3$).

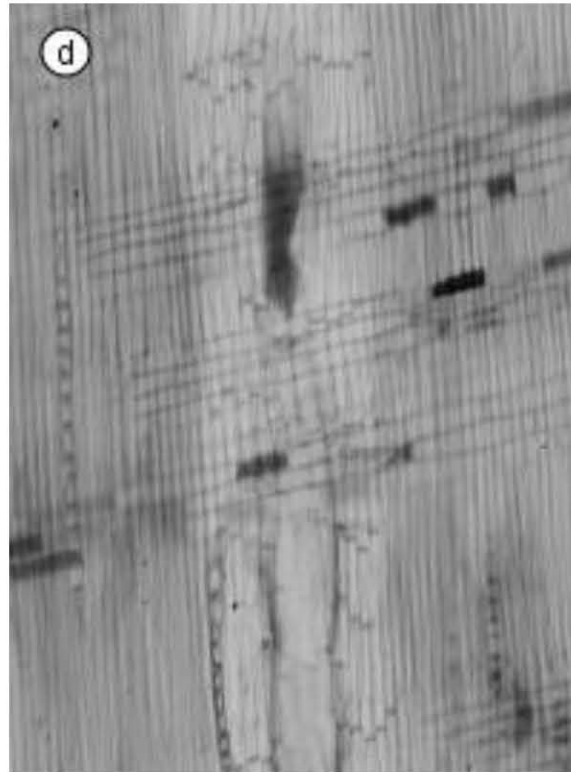
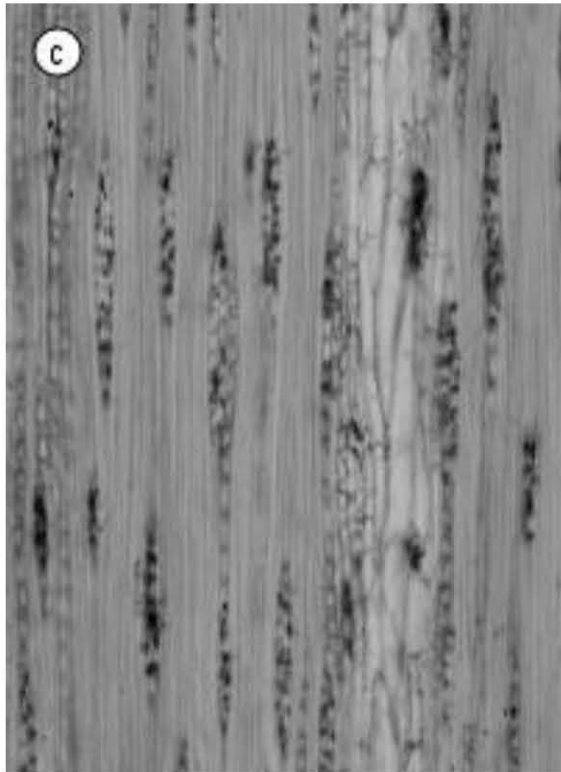
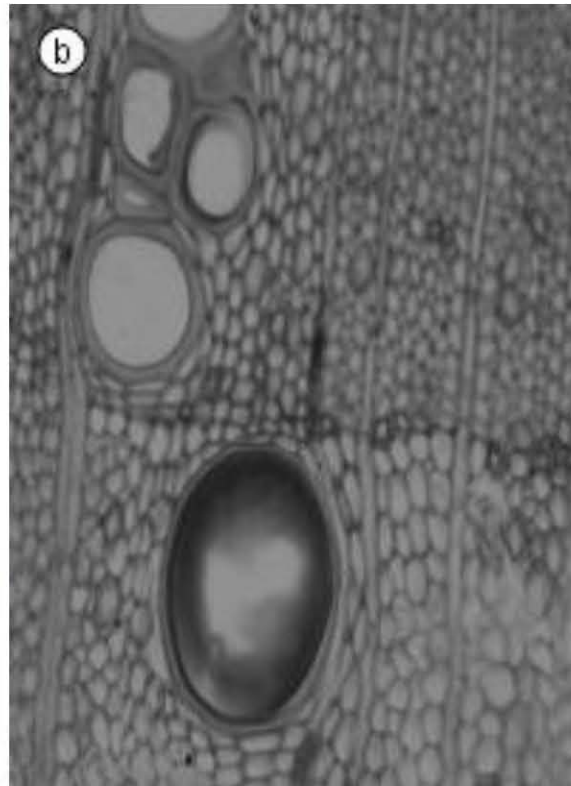


Lámina XV. *Lysiloma latisiliquum*. a. Tablilla tangencial de xiloteca. b. Corte transversal (10x). c. Corte tangencial (10x). d. Corte radial (10x).

Myrcianthes fragrans (Swartz) Mc Vaugh var. *fragrans* (Lám. XVI)

Características macroscópicas (Cuadro 5)

La madera presenta diferencia de color entre la albura reducida en diámetro y el duramen que ocupa la mayor parte, la albura es rosa (5YR 8/3) y el duramen castaño rojizo (5YR 5/3); no tiene olor ni sabor característico, brillo mediano, vetado pronunciado, textura fina e hilo recto. Las zonas de crecimiento están poco marcadas. Los poros apenas son visibles con lupa (10x).

Características microscópicas (Cuadro 6)

Los poros son de distribución difusa, exclusivamente solitarios; muy numerosos ($\bar{x}=52$), de diámetro tangencial muy pequeño ($\bar{x}=33$). Los elementos de vaso son de longitud mediana ($\bar{x}=424$), con puntuaciones areoladas alternas y placa perforada simple.

El parénquima axial es unilateral y marginal de una sola célula.

Los rayos son biseriados y triseriados la mayoría, escasos uniseriados, heterogéneos tipo II y III, numerosos ($\bar{x}=9$), extremadamente bajos ($\bar{x}=135$) y muy finos ($\bar{x}=23$). Presentan gomas.

Las fibras son libriformes, moderadamente largas ($\bar{x}=1065$), de diámetro fino ($\bar{x}=20$) y paredes muy gruesas ($\bar{x}=10$).

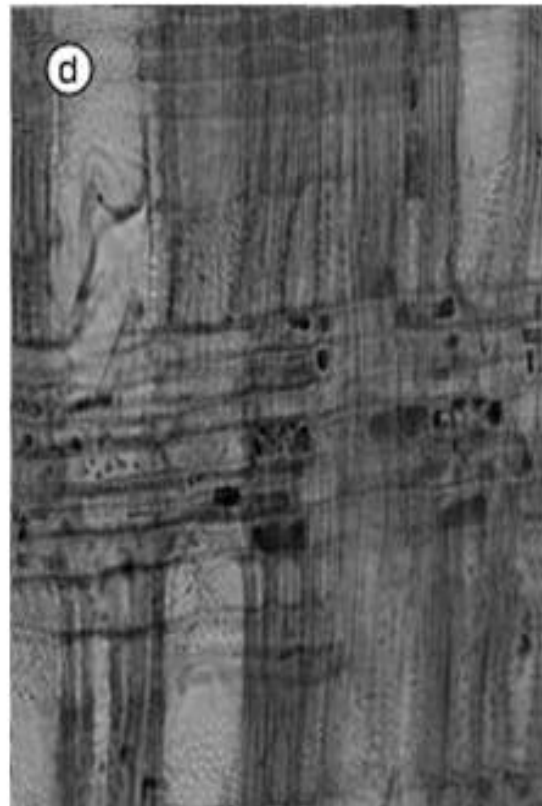
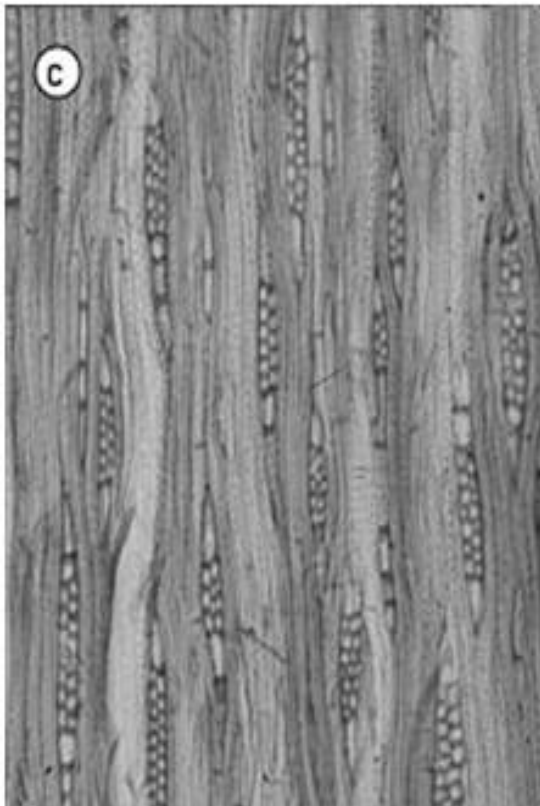
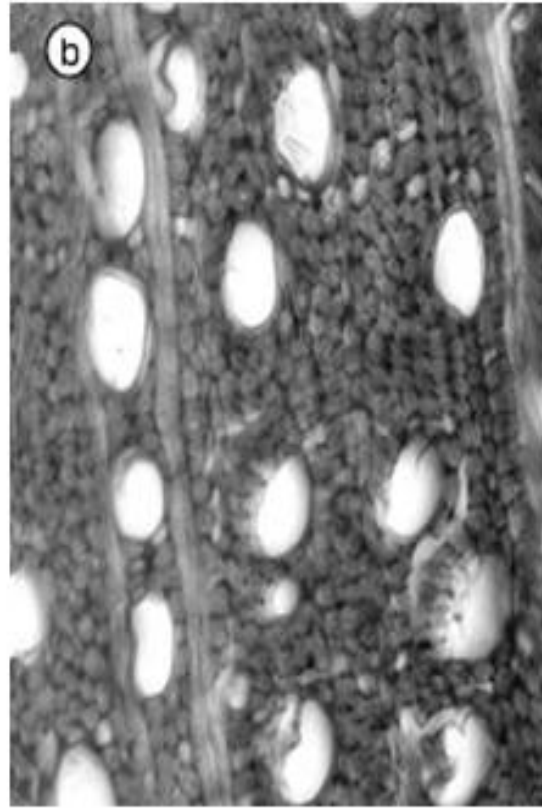


Lámina XVI. *Myrcianthes fragans* var. *fragans*. a. Tablilla tangencial de xiloteca. b. Corte transversal (10x). c. Corte tangencial (10x). d. Corte radial (10x).

Pimenta dioica (L.) Merr. (Lám. XVII)

Características macroscópicas (Cuadro 5)

La madera no presenta diferencia de color entre la albura y el duramen, es amarillo (10YR 8/6); no tiene olor ni sabor característicos, brillo bajo, vetado liso, textura fina e hilo recto. Las zonas de crecimiento están poco marcadas. Los poros y rayos son visibles con lupa (10x).

Características microscópicas (Cuadro 6)

Los poros son de distribución difusa, exclusivamente solitarios; numerosos ($\bar{x}=23$) de diámetro muy pequeño ($\bar{x}=30$). Los elementos de vaso son de longitud muy corta ($\bar{x}=210$), con puntuaciones areoladas alternas y placa perforada simple. Algunos rodeados por traqueidas vasicéntricas rectangulares.

El parénquima axial es en bandas de una sola hilera de células y difuso. Presenta cristales romboidales.

Los rayos son triseriados la mayoría y algunos uniseriados y biseriados, homogéneos, numerosos ($\bar{x}=9$), extremadamente bajos ($\bar{x}=219$) y muy finos ($\bar{x}=18$). Presentan gomas.

Las fibras son libriformes, medianas ($\bar{x}=1490$), de diámetro mediano ($\bar{x}=22$) y paredes muy gruesas ($\bar{x}=9$).

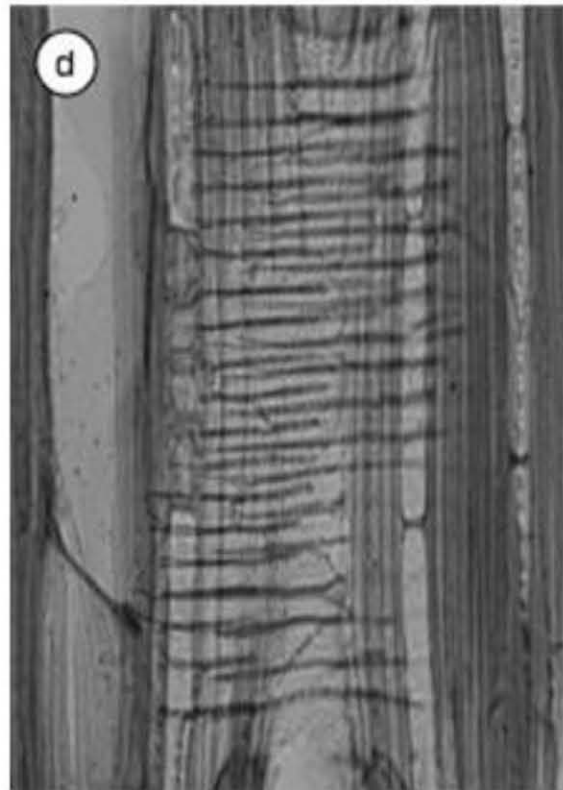
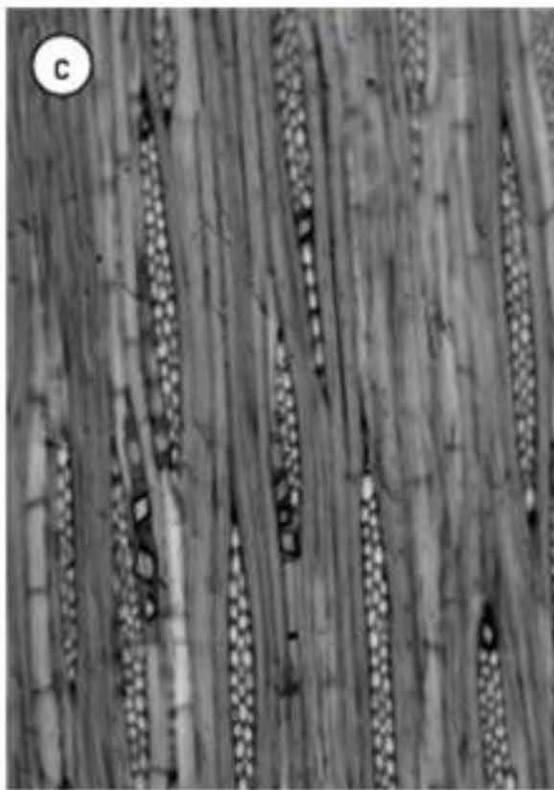
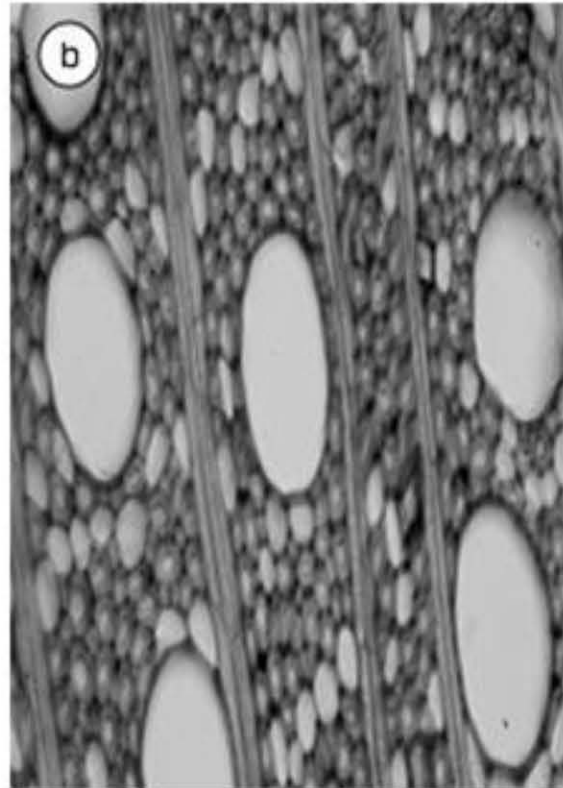


Lámina XVII. *Pimenta dioica*. a. Tablilla de xiloteca. b. Corte transversal (20x). c. Corte tangencial (20x). d. Corte radial (20x).

Protium schippii Lundell (Lám. XVIII)

Características macroscópicas (Cuadro 9)

La madera no presenta diferencia de color entre la albura y el duramen, es gris claro (10YR 7/2), con vetas blanco (10YR 8/2); tiene olor y sabor aceitoso, brillo mediano, veteado suave, textura fina e hilo recto. Las zonas de crecimiento están marcadas por fibras. Los poros y rayos son visibles con lupa (10x).

Características microscópicas (Cuadro 10)

Los poros son de distribución difusa, la mayoría solitarios y algunos múltiples radiales de 2 a 5 células; son moderadamente numerosos ($\bar{x}=17$), de diámetro mediano ($\bar{x}=130$). Los elementos de vaso son de longitud mediana ($\bar{x}=350$), con puntuaciones areoladas alternas en forma poligonal y placa perforada simple. Algunos presentan gomas.

El parénquima axial es escaso vasicéntrico y difuso.

Los rayos son biseriados la mayoría, algunos uniseriados, heterogéneos tipo II y III, pocos ($\bar{x}=3$), extremadamente bajos ($\bar{x}=258$) y muy finos ($\bar{x}=20$). Presentan gomas.

Las fibras son libriformes septadas, extremadamente cortas ($\bar{x}=800$), de diámetro fino ($\bar{x}=20$) y paredes delgadas ($\bar{x}=5$). Escasas traqueidas.

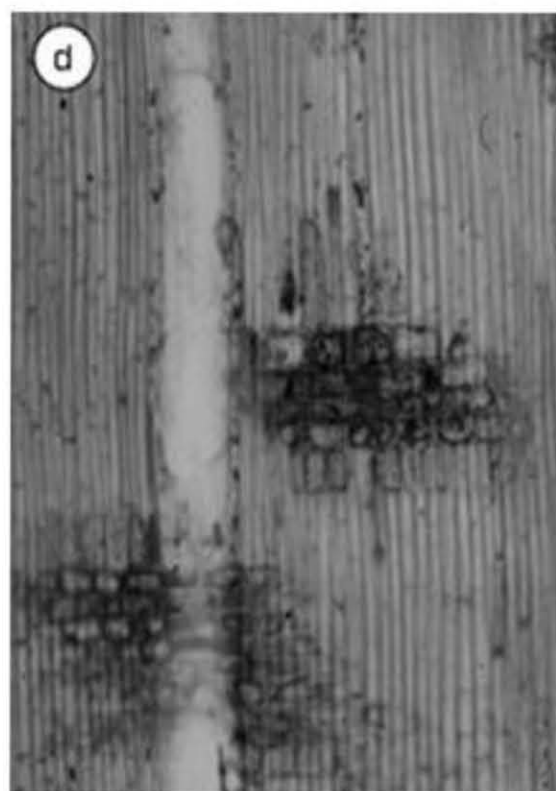
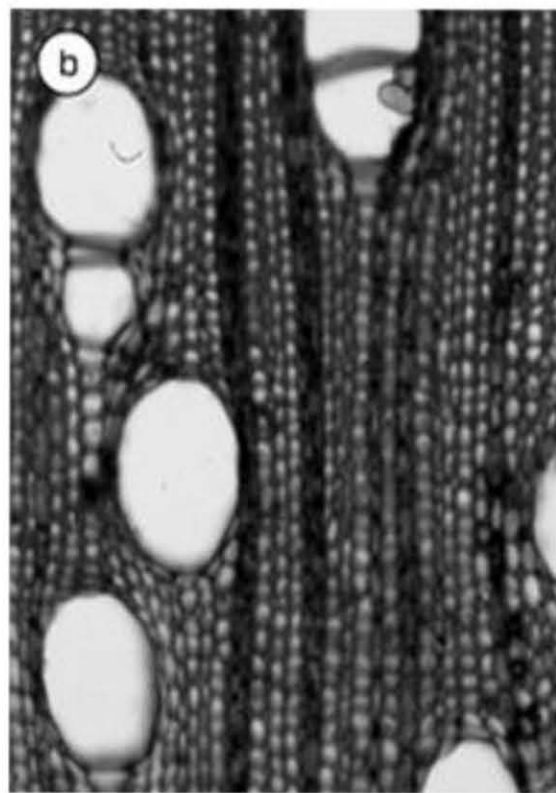


Lámina XVIII. *Protium schippii*. a. Tablilla de xiloteca. b. Corte transversal (10x). c. Corte tangencial (10x). d. Corte radial (10x).

Psidium sartorianum (O. Berg.) Nied. (Lám. XIX)

Características macroscópicas (Cuadro 5)

La madera presenta diferencia de color entre la albura reducida en diámetro y el duramen que ocupa la mayor parte, la albura es castaño claro (10YR 8/4) y el duramen amarillo castaño (10YR 6/4); no tiene olor, sabor amargo, brillo mediano, vetado pronunciado, textura fina e hilo recto. Las zonas de crecimiento están poco marcadas. Los poros son visibles con lupa (10x).

Características microscópicas (Cuadro 6)

Los poros son de distribución difusa, exclusivamente solitarios; muy numerosos ($\bar{x}=52$), de diámetro tangencial muy pequeño ($\bar{x}=37$). Los elementos de vaso son de longitud mediana ($\bar{x}=688$), con puntuaciones areoladas alternas y placa perforada simple. Presentan gomas.

El parénquima axial es en bandas de una célula y paratraqueal escaso. Se presentan idioblastos con cristales romboidales.

Los rayos son biseriados la mayoría y algunos uniseriados, heterogéneos tipo I y II, muy numerosos ($\bar{x}=14$), extremadamente bajos ($\bar{x}=265$) y muy finos ($\bar{x}=23$). Presentan y cristales romboidales.

Las fibras son libriformes, medianas ($\bar{x}=1208$), de diámetro fino ($\bar{x}=19$) y paredes gruesas ($\bar{x}=7$). Presentan gomas.

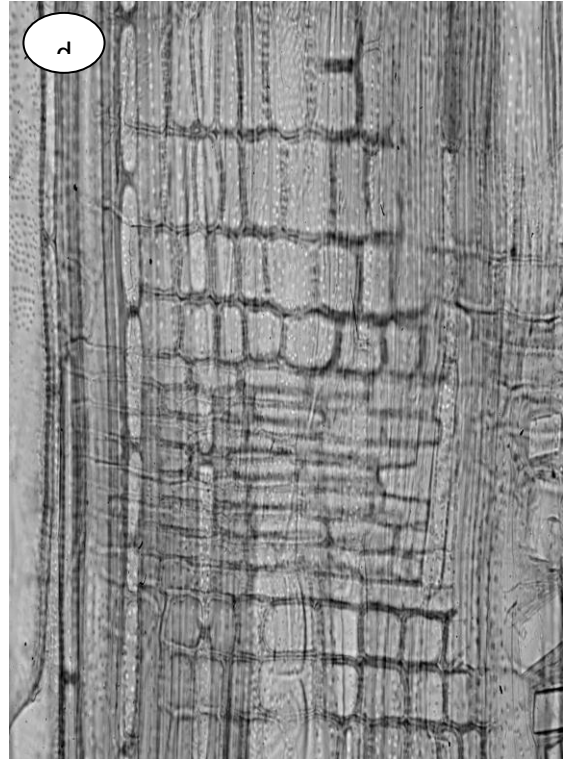
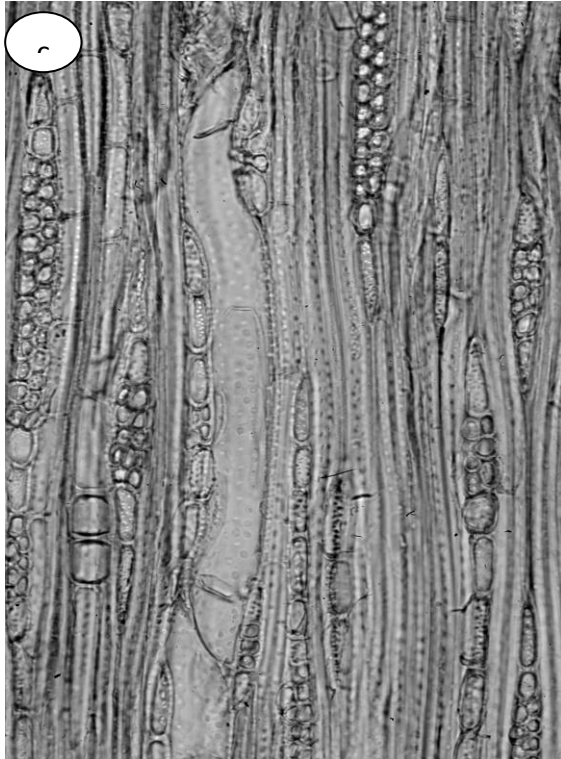
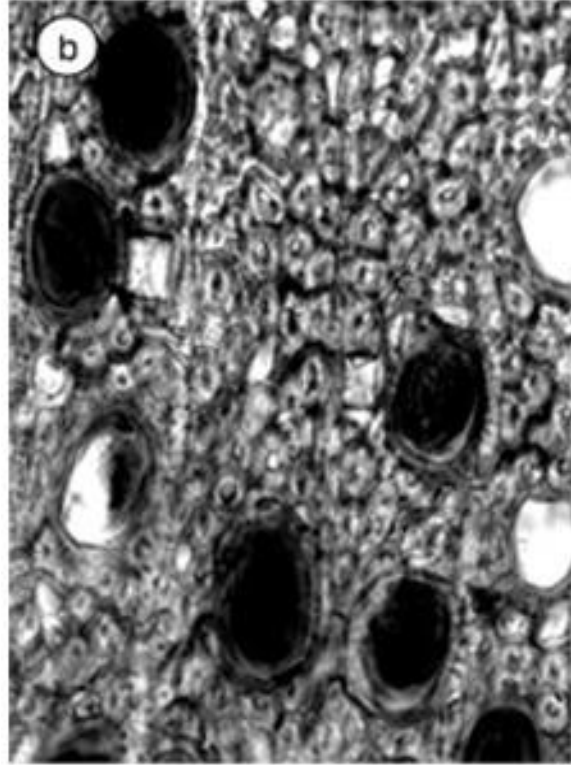


Lámina XIX. *Psidium sartorianum*. a. Tablilla de xiloteca. b. Corte transversal (20x). c. Corte tangencial (10x). d. Corte radial (20x).

Senna racemosa (Mill.) H. S. Irwin & Barneby (Lám. XX)

Características macroscópicas (Cuadro 2)

La madera presenta diferencia de color entre la albura y el duramen, la albura es castaño amarillo claro (10YR 6/4) y el duramen es castaño amarillo oscuro (10YR 4/4); no tiene olor ni sabor característicos, brillo mediano, veteado pronunciado, textura fina e hilo entrecruzado. Las zonas de crecimiento marcadas por parénquima axial. Todos los elementos constitutivos son visibles con lupa de (10x).

Características microscópicas (Cuadro 4)

Los poros son de distribución difusa, la mayoría solitarios y algunos múltiples radiales de 2 células; son numerosos ($\bar{x}=18$), de diámetro tangencial muy pequeño ($\bar{x}=66$). Los elementos de vaso son de longitud muy corta ($\bar{x}=210$), con puntuaciones areoladas alternas y placa perforada simple.

El parénquima axial es aliforme y aliforme confluyente.

Los rayos son biseriados la mayoría y escasos uniseriados, homogéneos, numerosos ($\bar{x}=10$), extremadamente bajos ($\bar{x}=120$) y extremadamente finos ($\bar{x}=10$).

Las fibras son libriformes, medianas ($\bar{x}=1110$), de diámetro mediano ($\bar{x}=16$) y paredes gruesas ($\bar{x}=6$).

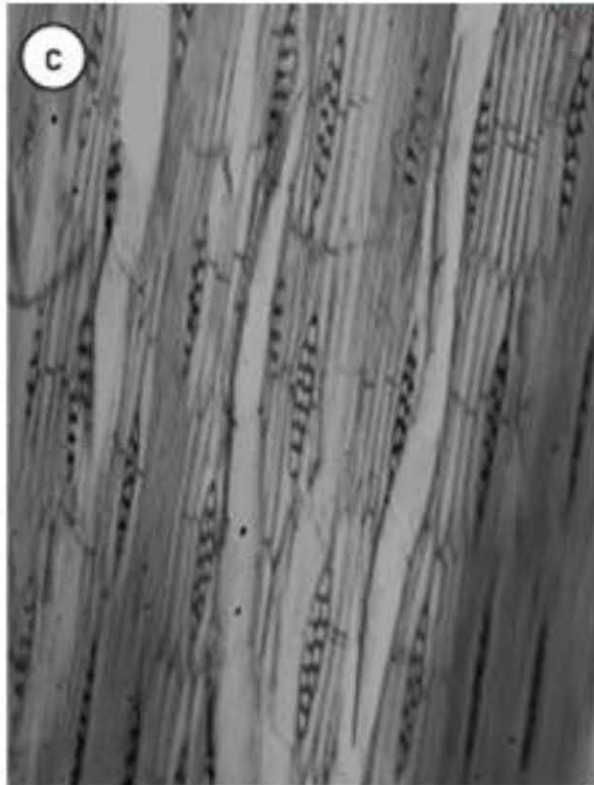
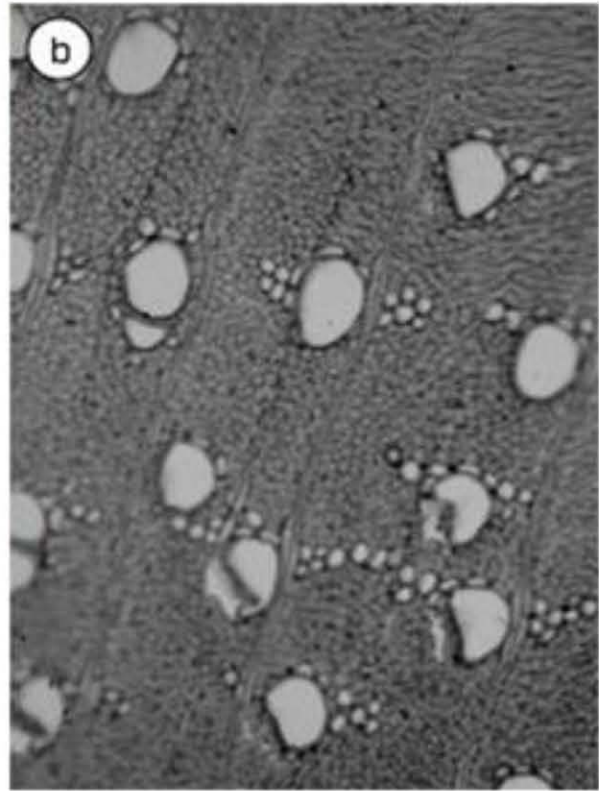


Lámina XX. *Senna racemosa*. a. Tablilla de xiloteca. b. Corte transversal (10x). c. Corte tangencial (10x). d. Corte radial (10x).

DISCUSIÓN

Características macroscópicas

La madera de la mayoría de las especies presentó diferencias de color entre la albura y el duramen a excepción de *Coccoloba spicata*, *H. trilobata*, *P. dioica* y *P. schippii*. El veteado es de suave a pronunciado, pero *P. dioica* lo presenta liso. Esta diversidad de tonalidades y veteados, así como el agradable olor de *A. gaumeri*, y el brillo que presentan les confieren cualidades estéticas para ser utilizadas en decoración de interiores, lambrin, muebles finos y pisos. El olor y el sabor es aceitoso en todas las especies de mirtáceas, así como en *G. sepium* y *K. ferreum*; en la mayoría de las especies de leguminosas es característico el sabor amargo y en (*P. schippii*) el atractivo olor del el copal. Las especies de la familia Polygonaceae no presentaron olor ni sabor. El brillo en la mayoría de las especies se presentó de mediano a alto y bajo en *A. gaumeri*, *E. rotundifolium*, *H. trilobata* y *P. dioica*. La textura fina de todas las especies de las mirtáceas, de *Coccoloba spicata*, *K. ferreum*, *P. schippii* y *S. racemosa*, las hace adecuadas para elaborar artículos torneados o esculturas; la textura gruesa solo se presenta para *A. gaumeri* y la mediana en el resto de las especies. El hilo entrecruzado se presenta en todas las especies de leguminosas a excepción de *G. sepium* y en las poligonáceas a excepción de *C. acapulcensis*, esta propiedad les permite retener bien los clavos y tornillos, y pueden ser usadas para ensambles machimbrados, esto aunado a la textura fina de algunas de ellas le proporciona a la madera resistencia, cualidad adecuada para usos en los que se requiere resistencia mecánica y al desgaste, por lo que pueden usarse en construcciones pesadas, en barcos, puntas, muelles, pilotes y en partes de construcciones pesadas como lanzaderas para la industria textil. El hilo recto lo presentan todas las especies de las familias Burseraceae, Erythroxylaceae, Malvaceae, Myrtaceae, Rhamnaceae, *Coccoloba acapulcensis* y *G. sepium*, este carácter las hace resistentes al impacto por lo que pueden ser utilizadas en partes de instrumentos musicales, mangos para herramientas, artículos deportivos, pisos y escaleras (Rebollar y Quintanar 1998, 2000a, b)

Zonas de crecimiento. A diferencia de los árboles de las especies que vegetan en zonas frías y templadas donde los factores climáticos están bien delimitados, las formas anuales de crecimiento están marcadas por anillos que representan básicamente los diferentes engrosamientos de las paredes celulares de los elementos celulares en las etapas de actividad del cambium para la formación de madera temprana y madera tardía. En cambio en las especies tropicales, los árboles tienen un crecimiento que depende de la variabilidad que se puede presentar de temperatura, luminosidad, precipitación pluvial en los diferentes períodos anuales; en éstas regiones tropicales donde el clima es aparentemente más uniforme, se supuso que la actividad del cambium es continua, sin variaciones durante todo el año, sin embargo, se puede decir que, de acuerdo con varias investigaciones realizadas en árboles tropicales, su crecimiento está influenciado por cambios en la temperatura de días largos y de lluvias, fotoperíodos cortos o largos, síntesis hormonal, caída de hojas ó etapas de floración entre otros, por lo que es difícil entender los factores que producen las zonas de crecimiento, ya que los árboles tropicales presentan un tipo de crecimiento intermitente. Las especies tropicales que presentan zonas de crecimiento puede ser debido a que: reflejan algunos cambios internos o externos ocurridos durante el año; las zonas

pueden estar marcadas debido a ciclos no anuales de crecimiento, formando anillos falsos ó incompletos (Fahn *et al.*, 1981, Détiene 1989).

Según la clasificación de Coster, anatómicamente las zonas de crecimiento pueden estar marcadas por: diferencias en el grosor de la pared de las fibras, una banda de parénquima, reducción en el diámetro radial de las fibras, por una banda angosta de fibras, periodicidad en el diámetro de los vasos y en su distribución (Fahn *et al.*, 1981).

En el caso de las especies estudiadas las zonas de crecimiento están marcadas principalmente por fibras y parénquima axial.

La importancia del estudio de las zonas de crecimiento de los árboles tropicales implica información necesaria para entender las tasas de crecimiento de las selvas, producción y cualidad de la madera, planeación de plantaciones y mantenimiento de bosques naturales, así como la influencia del cambio climático en su crecimiento. Estudios reportados al respecto Baas y Vetter (1989), llegan a la conclusión de que es necesario estudiar la actividad cambial *in situ* para determinadas especies tropicales, ya que es importante entender la dinámica del crecimiento de los árboles tropicales y su distribución por edades dentro de los bosques tropicales, debido a su amplia utilización como recursos naturales renovables. Por otra parte, el poder determinar la edad de los árboles tropicales puede aportar el conocimiento aplicado en los planes de manejo forestal para una adecuado aprovechamiento, a través de la determinación de los ciclos biológicos de las especies maderables, de tala, períodos de entresacado y estimación de los volúmenes de madera susceptibles para aprovechamientos, que estén basados en la edad y ritmo de crecimiento de los árboles (Del Amo 1981).

Características microscópicas

Vasos. La distribución de los poros en las veinte especies se observó difusa, la agrupación varió, de solitarios, a múltiples radiales; en la familia Myrtaceae se presentaron de numerosos a muy numerosos, en la Polygonaceae numerosos y en el resto de las especies de pocos a muy numerosos. El diámetro tangencial de los vasos de la familia Polygonaceae lo presentan como moderadamente pequeños; los de la familia Myrtaceae de muy pequeños a moderadamente pequeños y el resto de las especies de muy pequeños a moderadamente grandes. La longitud de los vasos en la familias: Burseraceae, Erythroxylaceae, Malvaceae y Rhamnaceae se presentan como medianos, la longitud en la familia Myrtaceae se presentan medianos a excepción de *P. dioica* que son muy cortos, en las leguminosas se presentaron como muy cortos, cortos, a moderadamente cortos, en las Polygonaceae fueron medianos y solo *Coccoloba acapulcensis* los presentó moderadamente cortos. La placa de perforación se observo simple en las veinte especies (Fig. 2).

El parénquima axial se presentó en la familia Leguminosae con la variedad de tipos del aliforme y en el resto de las especies el difuso, apotraqueal y paratraqueal (Fig. 3).

Los rayos en la familia Myrtaceae se presentaron del tipo heterogéneos; en las Polygonaceae y Leguminosae las especies los presentaron homogéneos a excepción de *D. carthagenensis* y *G. sepium* como heterogéneos. Las especies de las familias Erythroxylaceae, Malvaceae y Rhamnaceae los presentaros heterogéneos y en la Burseraceae homogéneos y heterogéneos. Los rayos se presentan como muy numerosos en la familia Polygonaceae, en las especies de Leguminosae de numerosos

a moderadamente numerosos y en las familias Burseraceae, Erythroxylaceae, Malvaceae, Myrtaceae y Rhamnaceae se presentan de pocos a moderadamente numerosos y muy numerosos en *P. sartorianum*. A excepción de *H. trilobata* que presenta los rayos muy bajos el resto de las especies los presentan extremadamente bajos; la anchura de los rayos se presenta como muy finos en las especies de la familia Burseraceae, Malvaceae, Myrtaceae, Polygonaceae y Rhamnaceae, el resto de las especies los presentan, de muy finos a extremadamente finos (Fig. 4).

Las fibras se presentan del tipo libriforme en todas las especies a excepción de *Caesalpinia mollis* y *L. leucocephala* que presentan además fibrotraqueidas; *H. trilobata* y *P. schippii* con libriformes y septadas. Su longitud varía de extremadamente cortas a medianas, en *M. fragrans* var. *fragrans*, moderadamente largas y en *H. trilobata* muy largas. El diámetro de las fibras es fino y mediano en todas las especies a excepción de *E. rotundifolium* que lo tiene moderadamente grueso, de *K. ferreum* grueso y de *P. schippii* delgado. La pared en las especies de leguminosas se presenta como gruesas, delgadas en *A. gaumeri* y *D. carthagenensis* y muy delgada en *L. latisiliquum*; en las mirtáceas las paredes son gruesas y muy gruesas en *M. fragrans* var. *fragrans* y *P. dioica*; en las Polygonaceae todas las paredes son delgadas (Fig. 5).

Los contenidos celulares: cristales, gomas y taninos se presentan en todas las especies de manera indistinta en vasos, células de rayo, parénquima axial y fibras; además se observó en *G. sepium* tílides esclerosadas en los vasos, en *Caesalpinia gaumeri* depósitos de sílice en el parénquima axial. En *S. racemosa* no se observó ningún contenido (Fig. 6).

Es importante mencionar la presencia de traqueidas vasicéntricas en *E. mayana* y *P. dioica*; la presencia de idioblastos en el parénquima radial de *E. mayana* y en el parénquima axial de las Polygonaceae.

CONCLUSIONES

Se puede considerar que los caracteres anatómicos de las especies estudiadas que reflejan las cualidades de la madera de ser pesadas, con alta resistencia mecánica y al biodeterioro que les permiten ser destinadas a los usos tradicionales se explica por: Vasos. Las veinte especies presentan porosidad difusa, los vasos con puntuaciones areoladas alternas y placa de perforación simple.

La presencia de porosidad difusa con vasos numerosos y de diámetro pequeño, ofrece menor volumen de espacios de aire y mayor área cubierta por el parénquima axial, radial y por fibras, ello implica una mayor superficie de paredes celulares y mayor densidad o peso específico de la madera asimismo la presencia de extractivos en los vasos de las especies también favorece esos valores y la resistencia al biodeterioro (Butterfield *et al.*, 1993, Quintanar *et al.*, 1997) ya que según Hale (1958) y Dinwoodie (1975) cuando las células son de pared gruesa o de diámetro relativamente pequeño, las maderas tienden a ser pesadas, duras y resistentes y cuando los diámetros celulares son grandes o las paredes relativamente delgadas, la madera tiende a ser ligera, blanda y relativamente débil; para Taylor (1969) el aumento en el número de vasos y el diámetro está asociado con la disminución en los valores del peso específico.

Parénquima axial. Las especies de la familia de las leguminosas (Fabaceae) presentaron las características típicas: la disposición estratificada de sus

elementos celulares y la presencia de parénquima aliforme y aliforme confluyente. En las mirtáceas es común el parénquima en bandas; en las poligonáceas se presentó el difuso. En las especies de las familias Burseraceae, Erythroxylaceae y Rhamnaceae se presentó el vasicéntrico y en la Familia Malvaceae el difuso muy abundante.

El parénquima axial está bien representado en todas las especies. Su presencia también influye en los valores del peso específico de la madera, pues aunque sus células tienen lúmenes pequeños y paredes menos gruesas que el resto del tejido, su abundancia disminuye el área que ocupan las fibras, las cuales generalmente tienen mayor grosor de sus paredes por lo que su presencia disminuye la cantidad de paredes celulares y los valores del peso específico (Guerrero 1989).

Rayos. Las veinte especies presentaron rayos numerosos, bajos y finos. Las leguminosas y poligonáceas presentaron rayos homogéneos, a excepción de *Diphysa carthagenensis* que los presentó heterogéneos.

El parénquima radial con rayos numerosos, bajos y finos tiene una amplia repercusión en las propiedades de la madera. Si se considera que en la estructura de los rayos los espacios intercelulares son escasos y que están compuestos por un gran número de células con paredes gruesas, esto influye directamente en que tienen mayor cantidad de los compuestos químicos de sus paredes celulares, principalmente celulosa y lignina, lo que puede explicar la alta densidad de la madera de éstas especies. Es importante considerar además la presencia de extractivos en las células radiales, particularmente cristales y gomas, lo que favorece también mayor valor de la densidad (Taylor 1969, Bárcenas *et al.*, 2005).

Fibras. Son del tipo libriforme en las veinte especies.

En el caso de las fibras, la pared secundaria, con sus tres capas: S¹, S² y

S³, en particular la S² que es la más gruesa, donde la orientación paralela de las microfibrillas, repercuten en las propiedades físicas y mecánicas de la madera, especialmente en los cambios dimensionales (Boutelje 1962, Denne y Hale 1999, Rivera y Lenton 1999); esta resistencia dada por las fibras, tiene íntima relación con la presencia de los rayos, por el contacto que tienen en el eje radial y tangencial (Coté y Hanna 1983, Taylor 1969, Orduña-Bustamante y Quintanar 1992, Bárcenas *et al.*, 2005, De la Paz Pérez-O. *et al.*, 2005).

Contenidos celulares ó extractivos, se presentan en la forma de cristales romboidales y de sílice, gomas, mucílagos y taninos, con mayor frecuencia en el parénquima axial y radial en las especies, las tílides en los vasos de *Gliricidia sepium* y en *Senna racemosa* no se presentaron contenidos.

La presencia de los compuestos químicos presentes en los diversos tipos celulares, le confieren a la madera su alta resistencia al biodeterioro que se fortalece por el grosor de las paredes de las fibras y de los abundantes rayos de estas especies que les permiten resistir los factores ambientales de humedad, calor y fuerte luminosidad.

Por lo anterior se puede concluir de los resultados obtenidos de la estructura anatómica de la madera de las especies estudiadas como: la distribución, número, cantidad y tamaños de todos los tipos celulares, las sustancias químicas que la componen: celulosa, hemicelulosa, lignina, sustancias pécticas y agua, así como la

presencia de los contenidos celulares: cristales, gomas, mucílagos, taninos y tálides, reflejan las propiedades físicas como su peso, la resistencia mecánica y la alta durabilidad natural que se requiere para ser destinadas a los usos tradicionales que empíricamente les han asignado los campesinos mayas; en la construcción rural como postes y vigas, en los durmientes, cercas, donde se requieren de éstas cualidades las cuales les permiten resistir fuerzas externas y factores ambientales como vientos, ataque de hongos, insectos, la radiación solar, la humedad a la que siempre están expuestas, sin necesidad de aplicarles ningún tipo de tratamiento, al ser tan durables, su uso repercute directamente en la economía de los usuarios.

Es importante señalar que dadas éstas características de la madera y su frecuencia en las selvas de las localidades de colecta, son de gran importancia por lo que pueden ser consideradas con posibilidades de comercialización, lo cual repercute directamente en aplicarles un valor más justo y racional, si consideramos la difícil dinámica de crecimiento y regeneración de los árboles en las selvas.

REFERENCIAS

- Ángeles, A. P. 1981. Anatomía de la madera de 21 especies de la región de Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D. F. 89 p.
- Baas, P. y R. E. Vetter. 1989. Growth Rings in Tropical Trees. Preface. IAWA Bulletin.n.s. 10 (2). Rijksherbarium, Leiden. The Netherlands.
- Barajas-Morales, J., S. Rebollar y R. Echenique-Manrique. 1979. Anatomía de Maderas de México. N° 2. Veinte especies de la selva Lacandona. Biótica 4 (4): 163-193.
- Barajas-Morales, J. 1981. Descriptions and notes on the wood anatomy of Boraginaceae from western Mexico. IAWA Bull. Vol. 2 (61-67).
- Barajas-Morales, J. 1985. Word structural differences between trees of two tropical forests in Mexico. IAWA Bull. n.s.6 (4): 355-364.
- Barajas-Morales, J. 1987. Word specific gravity in species from two tropical forests in Mexico. IAWA Bull. n. s. Vol. 8 (2): 143-148.
- Barajas-Morales, J. y C. León-Gómez. 1989. Anatomía de Maderas de México: Especies de una selva baja caducifolia. Publicaciones Especiales 1. Instituto de Biología. UNAM. México. 124 p.
- Barajas-Morales, J., G. Ángeles y P. Solís. 1997. Anatomía de Maderas de México. Especies de una selva alta perennifolia I. Publicaciones Especiales del Instituto de Biología. UNAM. México, D. F. 126 p.
- Bárceñas, G. M. 1995. Caracterización tecnológica de veinte especies maderables de la Selva Lacandona. Madera y Bosques 1(1): 9-38.
- Bárceñas, G. M., F. Ortega-Escalona, G. Ángeles-Álvarez, y P. Monzón-Pérez. 2005. Relación estructura-propiedades de la madera de angiospermas mexicanas. Universidad y Ciencia. Vol 21(42): 45-55.
- Boutelje, J. B. 1962. The relationship of structure to transverse anisotropy in wood with referente to shrinkage and elasticity. Holzforchung 16(2) 33-46
- Butterfield, R. P., R. P. Crook, R. Adams and R. Morris. 1993. Radial variation in wood specific gravity, fibre length and vessel area for two central american hardwoods: *Hieronima alchornooides* and *Vochysia guatemalensis*: Natural and plantation-grown trees. IAWA Journal 14(2):153-162.

- Cárdenas, E. 1971. Estudio Anatómico de la madera de ocho especies de Leguminosas. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. IPN. 54 p.
- Cevallos, F.S., y T.F. Carmona V. 1981. Banco de información sobre estudios tecnológicos de maderas que vegetan en México. (Banco Xilotecnológico) Tomo II Catálogo N° 3. Inst. Nac. de Inv. For. SARH. México, D.F.
- Cevallos, F.S., y T.F. Carmona V. 1981. Banco de información sobre estudios tecnológicos de maderas que vegetan en México. (Banco Xilotecnológico) Tomo III. Catálogo N° 4. Inst. Nac. de Inv. For. SARH. México, D.F.
- Cevallos, F. S. y T. F. Carmona V. 1982. Banco de información sobre estudios tecnológicos de maderas que vegetan en México. (Banco Xilotecnológico) Tomo IV. Catálogo N° 7. Inst. Nac. de Inv. For. SARH. México, D. F.
- Chattaway, M. 1932. Proposed Standards for numerical values used in describing woods. *Trop. Woods* 29: 20-28.
- Chattaway, M. 1955. Crystals in woody tissues. I. *Trop. Woods* 102: 55-74.
- Chattaway, M. 1956. Crystals in woody tissues. II. *Trop. Woods* 104: 100-124.
- Corral, G. 1985. Características anatómicas de 11 especies tropicales. *Bol. Téc. Ins. Nac. Inv. For.* N° 127: 80 p.
- Coté, W. A. and R. B. Hanna. 1983. Ultrastructural characteristics of wood fracture surfaces. *Wood and Fiber Sci.* 15 (2): 135-163.
- Del Amo, S. 1981. Prólogo para la versión en español. VII-VIII. *In: Borman, F. H. y G. Berlin (eds.). Edad y tasa de crecimiento de los árboles tropicales. Nuevos enfoques para la investigación.* Instituto Nacional de Investigaciones sobre recursos bióticos. Xalapa, Veracruz. México. Compañía Editorial Continental S. A. de C.V. 143 p.
- De la Paz Pérez-O., C., T. F. Carmona y M. A. Rigel. 1980. Estudio anatómico de la madera de 43 especies tropicales. *Bol. Téc. Inst. Nac. Invest. For. SARH.* México, D. F. N° 63: 276 p.
- De la Paz-Pérez-O., C. y Y. Sánchez. 1986. Características anatómicas de 16 especies de Michoacán, con uso real y potencial en artesanías. *Bol. Téc. Inst. Nac. Inv. For.* N° 15: 35 p.
- De la Paz Pérez-O. C., R. Dávalos y A. Quintanar. 1997. Las características tecnológicas de la madera. *ContactoS* 19: 15-21.
- De la Paz Pérez-O. C., R. Dávalos y A. Quintanar. 2005. Influencia de los radios en algunas propiedades físicas y mecánicas de la madera de ocho encinos (*Quercus*) de Durango, México. *Madera y Bosques* 11(2): 49-68
- Denne, M. P. y M. D. Hale. 1999. Cell wall and lumen porcentajes in relation to wood density of *Nothofagus nervosa*. *IAWA Journal* 20(1): 23-36
- Détiene, P. 1989. Appearance and periodicity of growth rings in some tropical woods. *IAWA Bulletin.* n.s. Vol. 10(2): 123-132.
- Dirección Técnica de la Organización de Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya S. C. (OEPFZM, S. C). 1994. Área Basal. Listado de especies maderables de la. OEPFZM. S. C. Documento Interno. Felipe Carrillo Puerto Quintana Roo. 7 p.
- Dinwoodie. 1975. Timber a review of the structure; mechanical propertie relationship. *Jour. of Microscopy* 104: 3-32.
- Desch, H. E. 1974. Timber, its structure and properties. Macmillan. 424 p.

- Echenique-Manrique, R. 1970. Veinticinco Maderas Tropicales Mexicanas. Serie Maderas de México. Cámara Nacional de la Industria de la Construcción. México. 237 p.
- Echenique-Manrique, R., J. Barajas, J. Pinzón, y V. Pérez. 1975. Estudio botánico y ecológico de la región del río Uxpanapa, Veracruz. N° 1. características tecnológicas de la madera de diez especies. Inst. Inv. Rec. Bióticos. A.C. Xalapa, Veracruz. México. 66 p.
- Echenique-Manrique, R. y F. Robles. 1993. Ciencia y Tecnología de la Madera I. Textos Universitarios. Universidad Veracruzana. México. 137 p.
- Escalante, S. 1986. La Flora del Jardín Botánico del Centro de Investigaciones de Quintana Roo A.C. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. México.
- Escalante, S. 2000. Flora del Jardín Botánico. 27-47 *In*: El Jardín Botánico Dr. Alfredo Barrera Marín: fundamentos y estudios particulares. O. Sánchez and G. A. Islebe (eds.). CONABIO. ECOSUR. San Cristobal de las Casas, Chiapas. México.
- Fahn, A., J. Burley, K.A. Longman, A. Marianux y P. B. Tomlinson. 1981. Posibles contribuciones de la anatomía de la madera a la determinación de la edad de los árboles tropicales. 31-43. *In*. F. H. Bormann y G. Berlyn (eds.). Edad y tasa de crecimiento de los árboles tropicales. INIREB. Xalapa, Veracruz. Compañía Editorial Continental. S.A. de C. V. México. 143 p.
- Flores, J. 1966. Características anatómicas, físicas y mecánicas de la madera de tres especies del estado de Campeche. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura Chapingo. Chapingo, México. 33 p.
- Franklin, G. L. 1946. A rapid method of softening wood for microtome sectioning. *Trop. Woods*. 88: 35-41.
- García, O. 1944. Estudio comparativo de las propiedades mecánicas de algunas de las especies más comunes en los bosques tropicales del Istmo de nuestro país y su posible aprovechamiento industrial. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 77p.
- Gómez, L. B. 1959. Estructura anatómica e histológica de un grupo de 21 especies del bosque chiapaneco. Vol. II. Inst. Méx. Inv. Técn. México. 199 p.
- Gómez-Vásquez, B. G. 1977. Anatomía de la madera y corteza de dos especies de *Bursera longipes* y *Bursera copallifera*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Morelos. Cuernavaca, Morelos. 76 p.
- Grabner, M., U. Muller, N. Gierfinger and R. Wimer. 2005. Effects of heartwoodextractives on mechanical properties of larch. *IAWA Journal* 26(2): 211-220.
- Guerrero, O. L. 1989. Relación de la estructura de la madera de *Quercus sartori* Liebm. Con algunas propiedades físico-mecánicas. Tesis de Maestría. Colegio de posgraduados. Centro de Botánica. Montecillo. México. 134 p.
- Guridi, G. L. 1968. Anatomía de la madera de cinco especies tropicales de importancia económica. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D. F. 34 p.
- Guridi, G. L. 1978. Estudio comparativo de la anatomía de la madera de algunas Sapotáceas mexicanas. *Ciencia Forestal* 3(11): 13-35.

- Hale, 1958. Physical and anatomical characteristics of hardwoods . Reprinted from pulp and paper. Magazine of Canada. Forest Products Laboratorios of Canadá. Canadá. 11 p.
- Halffter, G. 1980. Colonización y conservación de recursos bióticos en el trópico. Inst. Nal. Rec. Bióticos. Xalapa, Veracruz. 47 p.
- Hillis, W.E.1980. Some basic characteristics affecting wood quality. Appita 33 (5):1-5.
- Huerta, J. y J. Becerra. 1976. Anatomía macroscópica y algunas características físicas de 17 maderas tropicales mexicanas. Bol. Téc. Inst. Nac. Inv. For. 46. 61 p.
- IAWA Committee. 1937. Standard terms of length of vessel members and wood fibers. Trop. Woods 51: 21-22.
- IAWA Committee. 1939. Standard terms of size for vessel diameter and ray width. Trop. Woods 59: 51-52.
- IAWA Committee. 1989a. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bulletin n.s. 10(3): 219-332.
- IAWA Committee. 1989b. Growth Ring in Tropical Trees. Proceedings of the join session of IUFRO. P.5.05 Tree Ring Analysis and IAWA on Age and Growth Rate Determination in Tropical Trees, held on 18 May, 1988, in Sao Paulo, Brazil, during the IUFRO All Division 5 Conference.
- Jane, J. W. 1970. The structure of wood. Adam y Charles Black. London. 478 p.
- Johansen, D. A. 1940. Plant microtechnique. Mc Graw Hill. Nueva York. 523 p.
- Koller, A. 1927. Preparing woody tissues for making microscopic mounts. U. S. Dept. Agr. Forest Service. Madison Wisconsin. 7 p.
- Kollman, F. P. y W. A. Coté. 1968. Principles of wood science and technology I. Solid wood. Springer-Verlag. New York. 560 p.
- Kribs, D. A. 1968. Commercial foreing woods on the american market. 241 p.
- Lara, T. S. 1984. Estudio anatómico de la madera de seis especies de la Selva Lacandona. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM. 76 p.
- Monteoliva, S. G., G. Senisterra and R. Marlats. 2005. Variation of wood density and fibre length in six willow clones (*Salix* spp.) IAWA Journal 26(2): 197-202.
- Munsell Color Company. 1954. Munsell soil color charts. Baltimore, Maryland. 17 p.
- Orea, O. C. 1984. Clave para identificar 38 maderas tropicales. Tesis de licenciatura. ENEP Iztacala. UNAM. México, D. F. 84 p.
- Orduña-Bustamante, F. y A. Quintanar. 1992. A prelliminary determination of the mechanical properties of four species of tropical wood from Mexico. Journal of Sound and Vibration 154 (2): 365-368.
- Ortega, G. M. 1958. Estructura anatómica e histológica de un grupo de 28 especies del bosque chiapaneco. Tesis de Licenciatura. Inst. Méx. Inv. Téc. México, D. F. 241 p.
- Ortega, E. F. 1984. Estudio anatómico de la madera de seis especies de la Selva Lacandona. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D. F. 68 p.
- Panshin, A. J. y C. de Zeeuw. 1970. Textbook of wood technology. I. Mc Graw-Hill. New York 705 p.
- Quintanar, A., L. Rivera, A. Torre-Blanco y S. Rebollar. 1997. Comparative histochemistry and cell morphology of sapwood and heartwood of *Gliricidia sepium* (Fabaceae). Biol. Trop. 15(3): 1005-1011.

- Ramos, C. y V. Díaz. 1981. Instrucciones para coleccionar muestras de madera para estudios tecnológicos. Bol. Div. Inst. Nal. Inv. For. 54. 15 p.
- Rebollar, S., C. De la Paz Pérez-O. y A. Quintanar. 1987. Maderas de la Península de Yucatán. México. I. Estudio anatómico de la madera de tres especies del Estado de Yucatán. Biótica 12 (23): 159-179.
- Rebollar, S., C. De la Paz Pérez-O. y A. Quintanar. 1993. Anatomía de la madera de cinco especies de Quintana Roo, México. Bol. Soc. Bot. Méx. 53: 113-124.
- Rebollar, S., A. Quintanar y C. De la Paz Pérez-O. 1994. Estudio anatómico de la madera de *Psidium sartorianum* (Myrtaceae) y *Cordia gerescanthus* (Boraginaceae). Acta Bot. Mex. 24: 89-97.
- Rebollar, S., C. De la Paz Pérez-O. y A. Quintanar. 1996-1997. Anatomía de la madera de ocho especies de la selva mediana subperennifolia de Quintana Roo, México. Biol. Trop. 44(3)/45(1): 67-77.
- Rebollar, S. y A. Quintanar. 1998. Anatomía de la madera de ocho especies tropicales de Quintana Roo. Biol. Trop. 46(4): 1047-1057.
- Rebollar, S. y A. Quintanar. 2000. Anatomía y usos de la madera de ocho especies tropicales de Quintana Roo, México. Biol. Trop. 46: 1047-1057
- Rebollar, S. y A. Quintanar. 2000a. Anatomía y usos de la madera de siete especies tropicales de México. Biol. Trop. 48(2/3): 569-578.
- Rebollar, S., C. De la Paz Pérez-O. y A. Quintanar. 2000b. Características de la madera de 12 especies de la selva del Jardín Botánico 91-106. *In*: O. Sánchez y G. A. Islebe (Editores). El Jardín Botánico Dr. Alfredo Barrera Marín: fundamento y estudios particulares. CONABIO. ECOSUR. 191 p.
- Rebollar, S. y M. Pérez-García. 2003. Anatomía de maderas y palmas usadas para la construcción de la vivienda tradicional maya en la Península de Yucatán. Proceedings. Third Internacional Congress of Ethnobotany. Botanical Garden and Department of Plant Biology. University of Naples. Federico II, Italy. Delpinoa. Vol. 45: 81-88.
- Rebollar, S. y N. A. Tapia. 2010. Anatomía de la madera de dos especies de *Eugenia* (Myrtaceae) de Quintana Roo, México. Madera y Bosques 16 (1): 85-98.
- Rivera, S. M. y M. S. Lenton. 1999. La xilología y las propiedades mecánicas de cinco maderas nativas argentinas. Revista de Ciencias Forestales Quebracho 7:72-78.
- Rogel, M. A. 1981. Estudio anatómico de la madera de 6 especies tropicales. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Morelos. Cuernavaca, Morelos. 78 p.
- Sanabria, O. L. 1986. Etnoflora Yucatanense: El Uso y Manejo Forestal en la Comunidad de Xul, en el Sur de Yucatán. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Fascículo 2. Xalapa, Veracruz. 191 p.
- Sánchez, R. y S. Rebollar. 1999. Deforestación en la Península de Yucatán, los retos que enfrentar. Madera y Bosques 5(2): 3-17.
- Santos, V. J. 1997. La organización campesina y su importancia en la autogestión y manejo de los recursos forestales: una experiencia en la Organización de Ejidos Forestales de la Zona Maya. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 174 p.
- Santos, V. J., M. Carreón y K. C. Nelson. 1998. La Organización de Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya. Un proceso de investigación participativa. Serie:

Estudios de caso sobre participación campesina en generación, validación y transferencia de tecnología. Red de Gestión de Recursos Naturales. Fundación Rockefeller. 129 p.

Schultz, H. y N. Von Grotthuss. 1968a. Investigación de algunas especies arbóreas de los bosques tropicales de México. I y II México y sus Bosques. Época III (25): 9-25.

Schultz, H. y N. Von Grotthuss. 1968b. Investigación de algunas especies arbóreas de los bosques tropicales de México. III México y sus Bosques. Época III (26): 4-22.

Taylor, F.W. 1969. The effect of ray tissue on the specific gravity of wood. Wood and fiber. 1(2): 142-145.

Terán, S. y Ch. Rasmussen. 1994. La milpa de los mayas. Gobierno de Dinamarca (DANIDA) y Gobierno del Estado de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. 349 p.

Torelli, 1982. Estudio promocional de 43 especies forestales tropicales mexicanas. SARH-INIF. México. 73 p.

Torres, L. R. 1969. Descripción macroscópica comparativa de 25 especies de maderas mexicanas de importancia económica (Clave de identificación) Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo. Chapingo, México, 109 p.

Tortorelli, L. 1956. Maderas y Bosques Argentinos. ACME. Buenos Aires, Argentina. 910 p.

Veenin, T., M. Fujita, T. Nobuchi and S. Siripatanadilok. 2005. Radial variations of anatomical characteristics and specific gravity in *Eucalyptus camaldulensis* clones. IAWA Journal 26(3): 353-361.

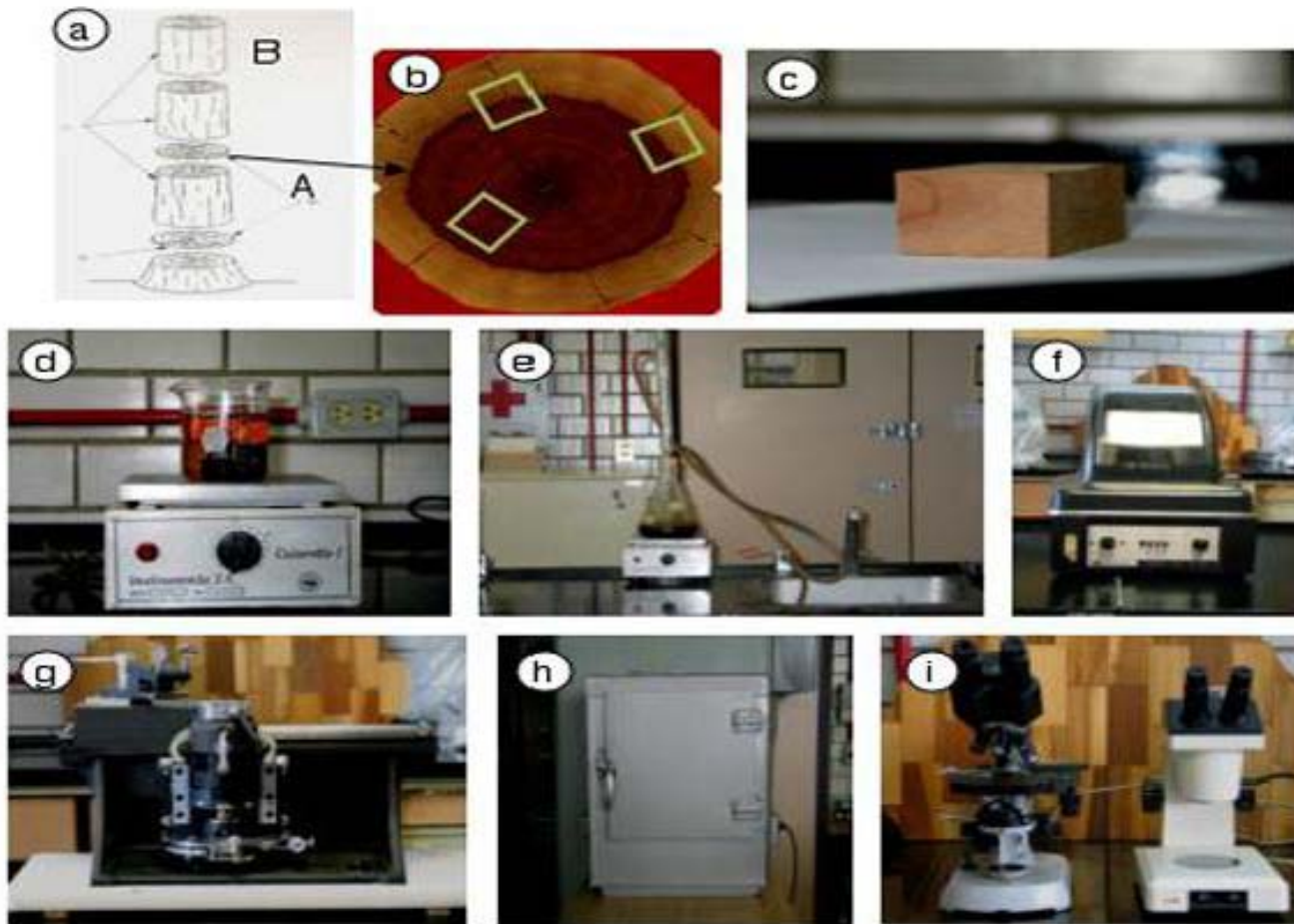


Figura 1. Muestreo para la obtención de probetas de anatomía y equipo utilizado para el procesamiento de la madera, para realizar preparaciones fijas de los tres cortes típicos de la madera y material disociado (a y b). c. Probeta de anatomía. d. Ablandamiento con agua. e. Ablandamiento con etilendiamina al 4%. f. Afilador de cuchillas. g. Microtomo de deslizamiento. h. Estufa de secado para preparaciones fijas. i. Microscopio óptico y estereoscópico. Laboratorio de anatomía y tecnología de madera, UAMI.

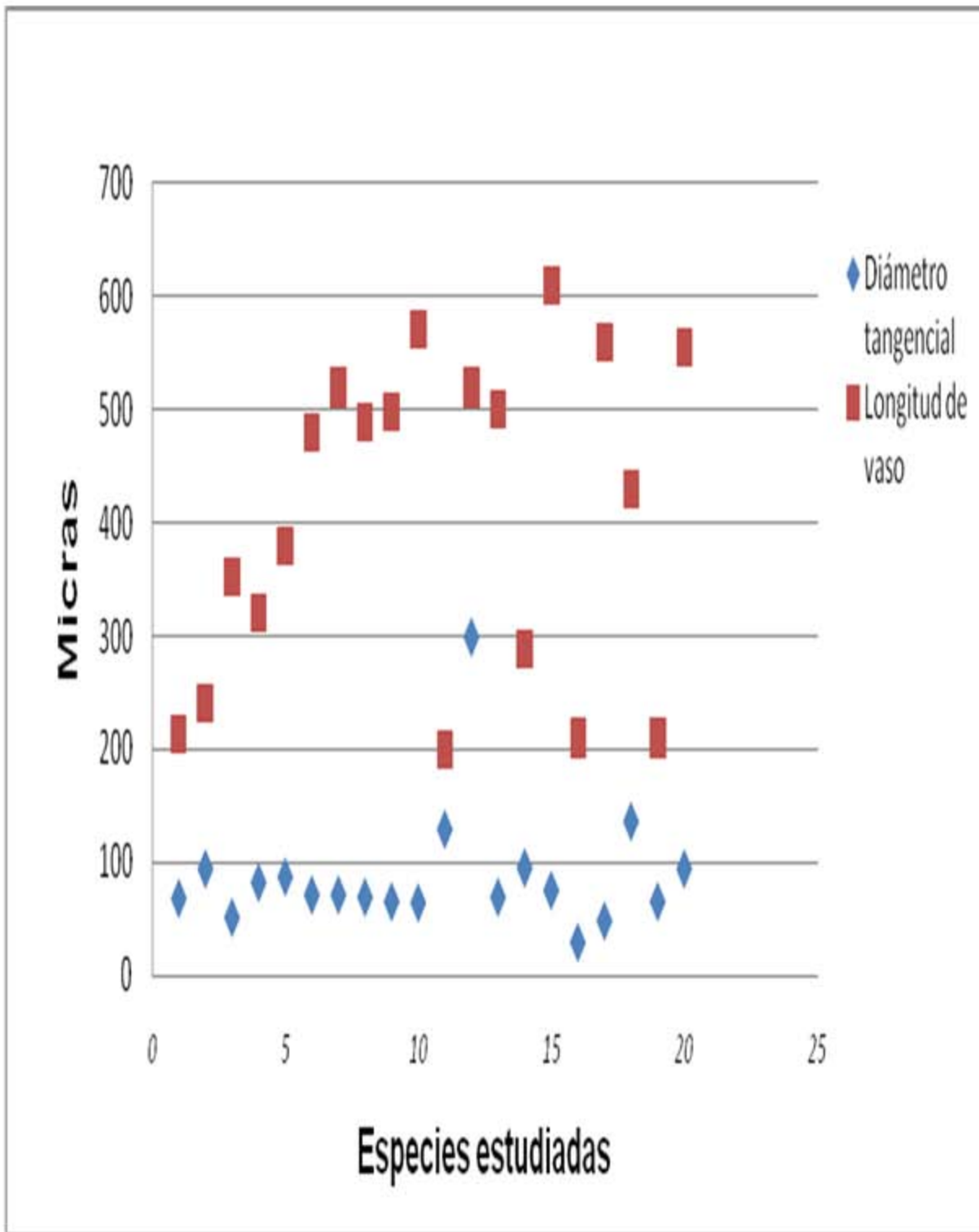


Figura 2. Valores basados en la media del diámetro tangencial y longitud de vaso de las veinte especies estudiadas.

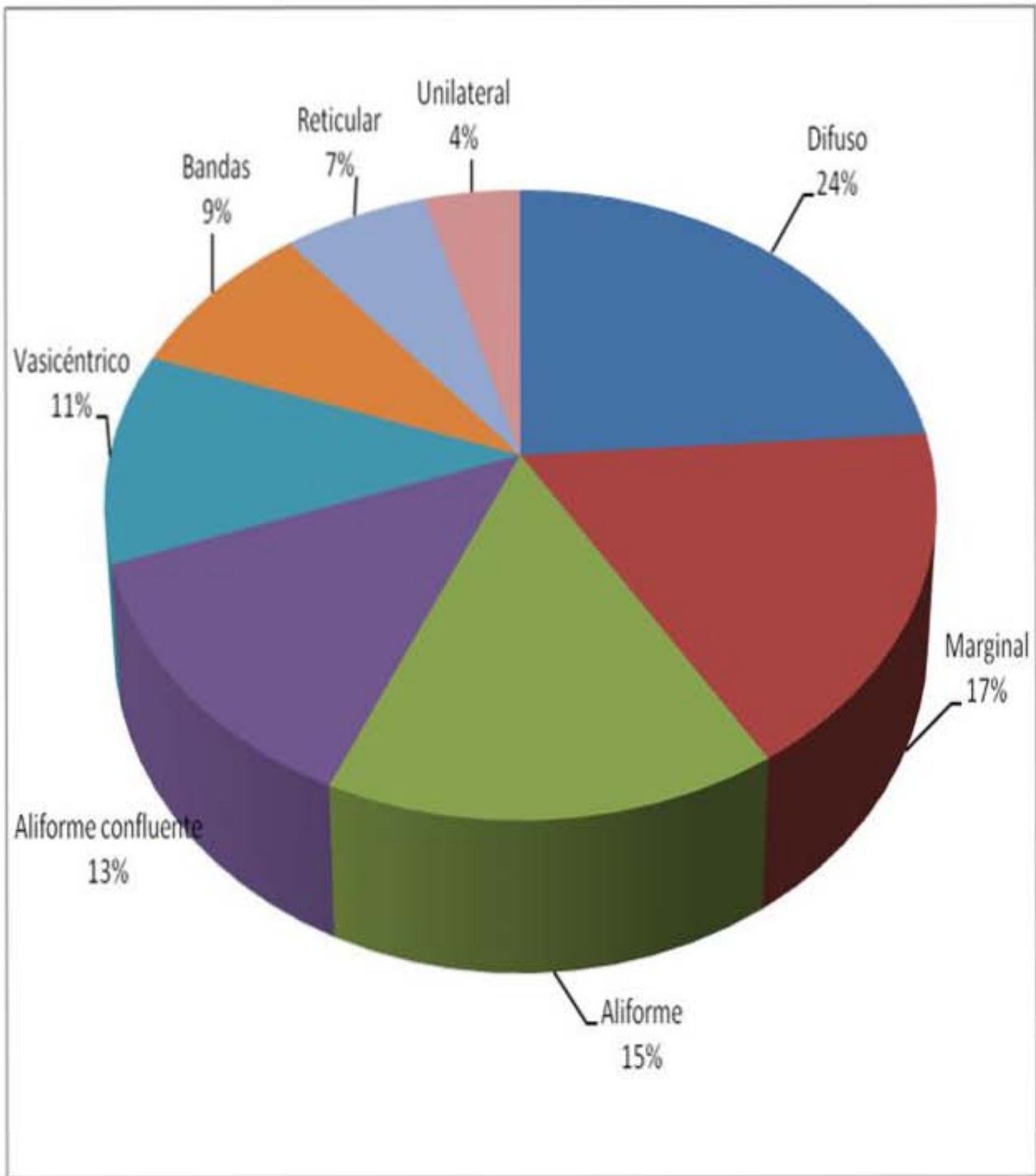


Figura 3. Representación en porcentajes de los diversos tipos de parénquima axial.

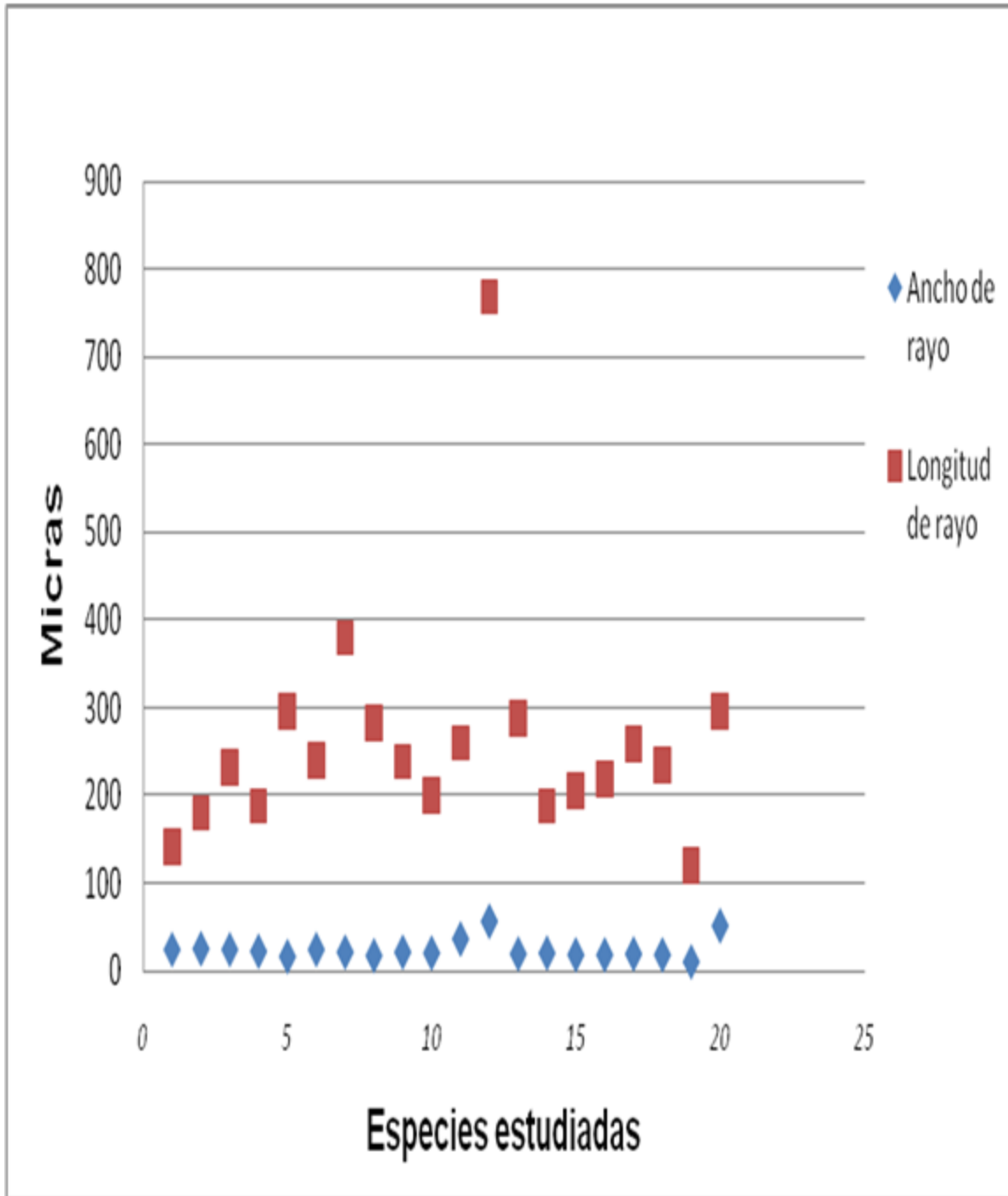


Figura 4. Valores basados en la media de ancho y longitud de rayo de las veinte especies estudiadas.

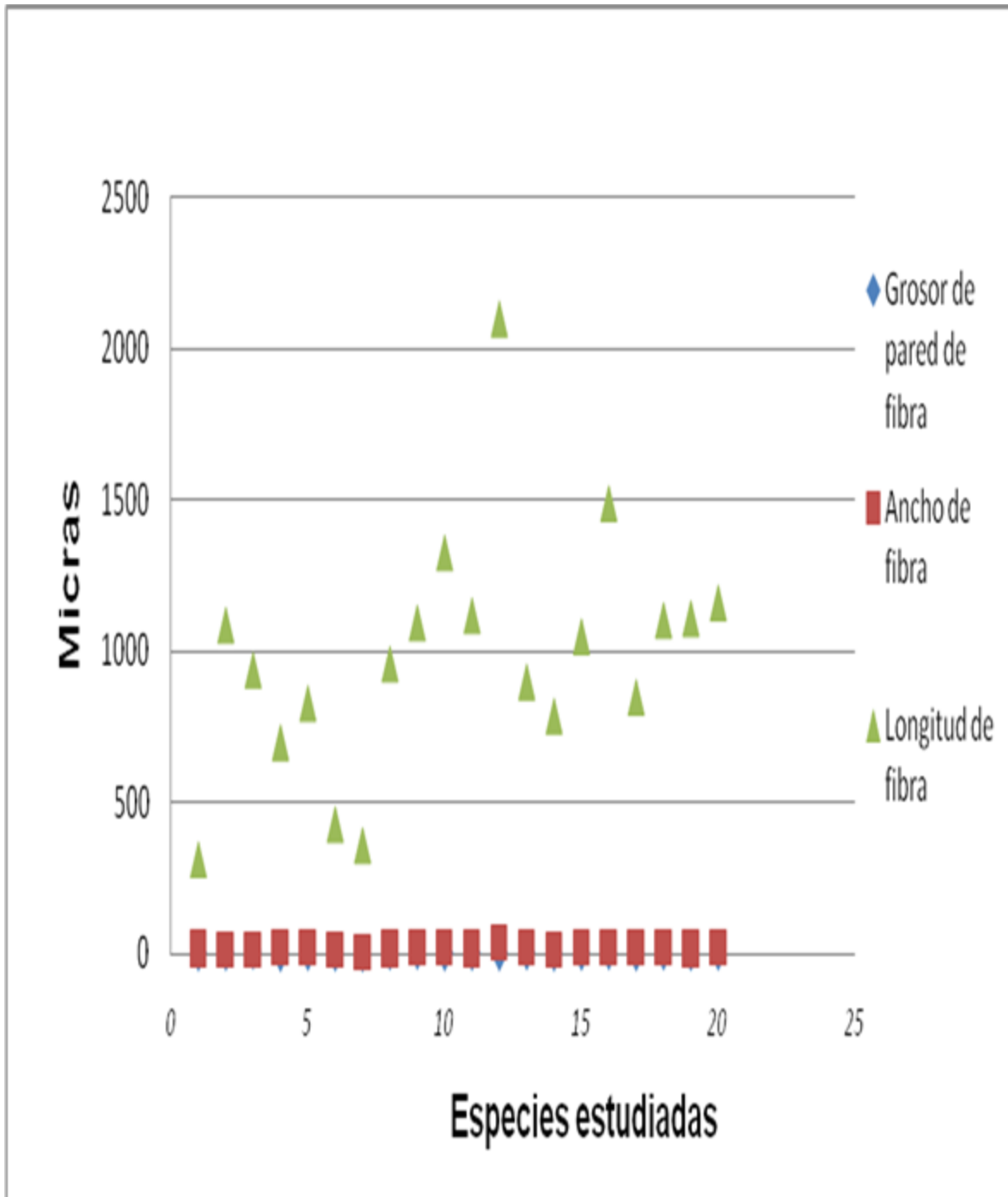


Figura 5. Valores basados en la media de grosor de pared, ancho y longitud de fibra de las veinte especies estudiadas.

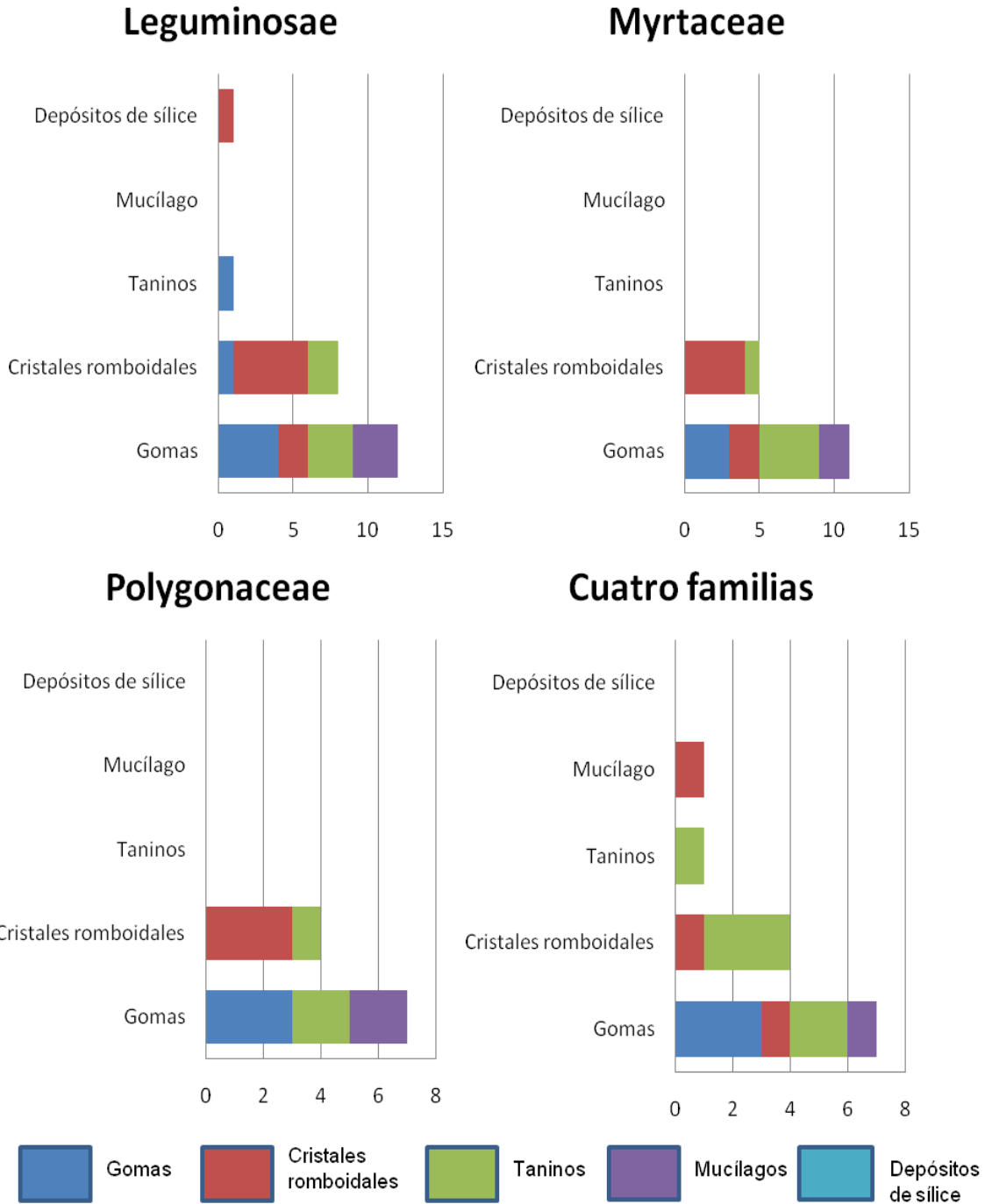


Figura 6. Representación en porcentajes de los diferentes tipos de contenidos celulares.

Cuadro 1. Características macroscópicas de la madera de las especies estudiadas de la Familia Leguminosae.

			<i>Acacia gaumeri</i>	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	<i>Caesalpinia mollis</i>	<i>Diphysa carthagenensis</i>
ESTÉTICAS	Color	Albura	Amarillo 10YR 7/6	Castaño muy pálido 10YR 8/3	Amarillo castaño 10YR 8/6	Castaño muy pálido 10YR 7/3
		Duramen	Castaño rojizo 5YR 5/6	Castaño amarillento 10YR 5/6	Amarillo rojizo 5YR 6/8	Castaño amarillento oscuro 10YR 4/6
	Olor	Característico	No	No	No	
	Sabor	Característico	Ligeramente amargo	Amargo	Ligeramente amargo	
	Brillo	Bajo	Mediano	Alto	Mediano	
	Veteado	Pronunciado	Pronunciado	Suave a pronunciado	Pronunciado	
	Textura	Gruesa	Mediana	Mediana	Mediana	
	Hilo	Entrecruzado	Entrecruzado	Entrecruzado	Entrecruzado	
	ZONAS DE CRECIMIENTO		Marcadas por parénquima axial	Marcadas por fibras	Están poco marcadas	Marcadas por parénquima axial

Cuadro 2. Características macroscópicas de la madera de las especies estudiadas de la Familia Leguminosae.

			<i>Gliricidia sepium</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	<i>Senna racemosa</i>	
ESTÉTICAS	Color	Albura	Amarillo 10YR 7/8	Amarillo 10YR 8/8	Castaño muy pálido 10YR 8/3	Castaño amarillo claro 10YR 6/4	
		Duramen	Castaño oscuro 7.5YR 3/2	Castaño oscuro 7.5YR 5/6	Castaño oscuro 7.5YR 4/6	Castaño amarillo oscuro 10YR 4/4	
		Olor	Ligeramente aceitoso	No	No	No	
		Sabor	Ligeramente aceitoso	No	Ligeramente amargo	No	
		Brillo	Mediano	Alto	Mediano	Mediano	
		Veteado	Pronunciado	Pronunciado	Pronunciado	Pronunciado	
		Textura	Mediana	Mediana	Mediana	Fina	
		Hilo	Recto	Entrecruzado	Entrecruzado	Entrecruzado	
	ZONAS DE CRECIMIENTO			Marcadas por parénquima axial	Marcadas por parénquima marginal y fibras	Marcadas por parénquima axial	Marcadas por parénquima axial

Cuadro 3. Características microscópicas de la madera de las especies estudiadas de la Familia Leguminosae.

		<i>Acacia gaumeri</i>	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	<i>Caesalpinia mollis</i>	<i>Diphysa carthagenensis</i>
POROS	Porosidad	Difusa	Difusa	Difusa	Difusa
	Agrupación	La mayoría múltiples radiales de 2, algunos solitarios	La mayoría solitarios, algunos múltiples radiales de 2 a 4	La mayoría solitarios, múltiples radiales 2 a 5, escasos múltiples tangenciales de 2 y agrupados 3 a 6	La mayoría solitarios, algunos múltiples radiales de 2 a 3 y escasos agrupados de 3 a 4
	mm ²	Muy pocos 2(1-3)	Moderadamente numerosos 15 (10-23)	Moderadamente numerosos 19 (13-27)	Moderadamente pocos 10 (7-15)
VASOS	Diámetro tangencial	Moderadamente pequeño 69 (40-80)	Moderadamente pequeño 95 (62-120)	Mediano 101 (58-130)	Mediano 149 (102-221)
	Longitud	Muy corta 213 (186-246)	Muy corta 241 (180-240)	Moderadamente corta 305 (210-360)	Muy corta 200 (150-250)
	Tipo de puntuaciones	Areoladas alternas	Areoladas alternas	Areoladas alternas	Areoladas alternas
	Tipo de perforación	Simple	Simple	Simple	Simple
PARÉNQUIMA AXIAL	Tipo	Bandas de hasta 10 hileras, estratificado	Aliforme y aliforme confluyente, estratificado	Vasicéntrico escaso de una hilera de células y aliforme	Aliforme y aliforme confluyente, difuso en bandas y marginal
RAYOS	Tipo	Homogéneos	Homogéneos	Homogéneos	Heterogéneos II
	mm lineal	Numerosos 9 (8-11)	Numerosos 10 (7-15)	Moderadamente numerosos 6 (4-8)	Moderadamente numerosos 6 (3-9)
	Longitud	Extremadamente bajos 141 (132-147)	Extremadamente bajos 180 (100-250)	Extremadamente bajos 231 (160-300)	Extremadamente bajos 380 (230-490)
	Ancho	Muy fino 24 (21-37)	Moderadamente fino 25 (15-30)	Moderadamente fino 30 (21-40)	Extremadamente fino 110 (90-150)
FIBRAS	Tipo	Libriformes	Libriformes	Libriformes y escasas fibrotraqueidas	Libriformes
	Longitud	Extremadamente corta 313 (264-320)	Mediana 1088 (830-1360)	Mediana 983 (610-1280)	Extremadamente corta 360 (252-513)
	Diámetro	Mediano 17 (14-22)	Fino 12 (10-15)	Fino 18 (13-23)	Fino 5 (4-7)
	Pared	Delgada 5 (4-6)	Gruesa 6 (5-7)	Muy gruesa 12 (6-20)	Delgada 2 (1-3)

Cuadro 4. Características microscópicas de la madera de las especies estudiadas de la Familia Leguminosae.

		<i>Gliricidia sepium</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	<i>Senna racemosa</i>
POROS	Porosidad	Difusa	Difusa	Difusa	Difusa
	Agrupación	La mayoría múltiples radiales de 2 a 5 y algunos solitarios	La mayoría solitarios, algunos agregados de 6 y escasos múltiples radiales de 2 a 3	La mayoría solitarios, algunos múltiples radiales de 2 a 4 y agregados 2 a 3	La mayoría solitarios, múltiples radiales 2
	mm ²	Pocos 4 (1-5)	Moderadamente pocos 9 (4-10)	Pocos 6 (7-12)	Moderadamente numerosos 18 (15-21)
VASOS	Diámetro tangencial	Mediano 130 (75-232)	Moderadamente pequeño 96 (52-150)	Mediano 182 (110-270)	Moderadamente pequeño 66 (40-80)
	Longitud	Muy corta 200 (145-326)	Moderadamente corta 288 (188-413)	Moderadamente corta 308 (160-420)	Muy corta 210 (190-260)
	Tipo de puntuaciones	Areoladas alternas	Areoladas alternas	Areoladas alternas	Areoladas alternas
	Tipo de perforación	Simple	Simple	Simple	Simple
	Tipo	Aliforme y aliforme confluyente	Vasocéntrico y en bandas de 1 a 4	Aliforme, aliforme confluyente, vasocéntrico, difuso y marginal	Aliforme y aliforme confluyente
RAYOS	Tipo	Homogéneos	Homogéneos	Homogéneos	Homogéneos
	mm lineal	Moderadamente numerosos 7 (5-10)	Moderadamente numerosos 6 (4-11)	Numerosos 10 (7-15)	Numerosos 8 (5-10)
	Longitud	Extremadamente bajos 260 (145-435)	Extremadamente bajos 188 (87-290)	Extremadamente bajos 138 (60-260)	Extremadamente bajos 120 (90-170)
	Ancho	Moderadamente fino 36 (20-52)	Muy fino 20 (14-32)	Moderadamente fino 30 (20-42)	Extremadamente fino 10 (3-7)
FIBRAS	Tipo	Libriformes	Libriformes y escasas fibrotraqueidas	Libriformes	Libriformes
	Longitud	Mediana 1119 (855-1522)	Moderadamente corta 787 (507-1015)	Mediana 1064 (750-1300)	Mediana 1110 (810-1190)
	Diámetro	Fino 6 (2-10)	Fino 11 (8-16)	Mediano 18 (12-25)	Mediano 16 (10-20)
	Pared	Gruesa 4 (2-5)	Delgada 4 (2-6)	Delgada 3 (2-5)	Gruesa 6 (2-7)

Cuadro 5. Características macroscópicas de la madera de las especies estudiadas de la Familia Myrtaceae.

		<i>Eugenia capuli</i>	<i>Eugenia mayana</i>	<i>Myrcianthes fragans</i> <i>var. fragans</i>	<i>Pimenta dioica</i>	<i>Psidium sartorianum</i>
ESTÉTICAS	Color	Castaño muy pálido 10YR 7/3	Castaño pálido 10YR 6/3	Rosa 5YR 8/3	Amarillo 10YR 8/6	Castaño claro 10YR 8/4
	Albura	Castaño pálido 10YR 6/3	Castaño grisáceo 10YR 5/2	Castaño rojizo 5YR 5/3		Amarillo castaño 10YR 6/4
	Duramen					
	Olor	Aceitoso	Aceitoso	No	No	No
	Sabor	Aceitoso	Aceitoso	No	No	Amargo
	Brillo	Mediano	Mediano	Mediano	Bajo	Mediano
	Veteado	Suave	Suave	Pronunciado	Liso	Pronunciado
	Textura	Fina	Fina	Fina	Fina	Fina
Hilo	Recto	Recto	Recto	Recto	Recto	
ZONAS DE CRECIMIENTO		Marcadas por fibras y poros solitarios	Marcadas por fibras	Poco marcadas	Poco marcadas	Poco marcadas

Cuadro 6. Características microscópicas de la madera de las especies estudiadas de la Familia Myrtaceae.

		<i>Eugenia capuli</i>	<i>Eugenia mayana</i>	<i>Myrcianthes fragans</i> var. <i>fragans</i>	<i>Pimenta dioica</i>	<i>Psidium sartorianum</i>
POROS	Porosidad	Difusa	Difusa	Difusa	Difusa	Difusa
	Agrupación	La mayoría solitarios y algunos múltiples radiales de 2 a 5	La mayoría solitarios y algunos múltiples radiales de 2 a 4	Exclusivamente solitarios	Exclusivamente solitarios	Exclusivamente solitarios
	mm ²	Muy numerosos 60 (47-74)	Muy numerosos 55 (45-70)	Muy numerosos 52 (35-68)	Numerosos 23 (20-29)	Muy numerosos 52 (34-67)
VASOS	Diámetro tangencial	Moderadamente pequeño 66 (40-100)	Moderadamente pequeño 65 (20-110)	Muy pequeño 33 (18-55)	Muy pequeño 30 (24-33)	Muy pequeño 37 (22-50)
	Longitud	Mediana 498 (300-700)	Mediana 571 (300-750)	Mediana 424 (180-700)	Muy corta 210 (120-240)	Mediana 688 (350-1200)
	Tipo de puntuaciones Tipo de perforación	Areoladas alternas Simple	Areoladas alternas Simple	Areoladas alternas Simple	Areoladas alternas Simple	Areoladas alternas Simple
PARÉNQUIMA AXIAL	Tipo	En bandas de 2 a 4 y difuso escaso	En bandas de 2 a 4 y difuso	Unilateral y marginal de una célula	En bandas con una sola hilera de células y difuso	En bandas de una sola célula y paratraqueal escaso
RAYOS	Tipo	Heterogéneos I	Heterogéneos II y homogéneos escasos	Heterogéneos II y III	Homogéneos	Heterogéneos I y II
	mm lineal	Pocos 4 (3-6)	Pocos 3 (2-6)	Numerosos 9 (6-12)	Numerosos 9 (8-10)	Muy numerosos 14 (11-18)
	Longitud	Extremadamente bajos 238 (150-350)	Extremadamente bajos 200 (100-360)	Extremadamente bajos 135 (70-300)	Extremadamente bajos 219 (135-294)	Extremadamente bajos 265 (120-480)
FIBRAS	Ancho	Muy fino 21 (20-30)	Muy fino 20 (20-30)	Muy fino 23 (13-33)	Muy fino 18 (15-21)	Muy fino 23 (18-33)
	Tipo	Libriiformes	Libriiformes	Libriiformes	Libriiformes	Libriiformes
	Longitud	Mediana 1095 (830-1300)	Mediana 1327 (1000-1760)	Moderadamente larga 1065 (750-1350)	Mediana 1490 (880-1664)	Mediana 1208 (750-1760)
	Diámetro	Mediano 20 (18-20)	Mediano 20 (20-30)	Mediano 20 (15-25)	Grueso 22 (18-30)	Mediano 19 (12-25)
	Pared	Gruesa 8 (8-10)	Gruesa 7 (5-10)	Muy gruesa 10 (6-10)	Muy gruesa 9 (8-10)	Gruesa 7 (3-10)

Cuadro 7. Características macroscópicas de la madera de las especies estudiadas de la Familia Polygonaceae.

		<i>Coccoloba acapulcensis</i>	<i>Coccoloba cozumelensis</i>	<i>Coccoloba spicata</i>
ESTÉTICAS	Color	Albura	Blanco rosáceo 7.5YR 8/2	Rosa 5YR 7/3
		Duramen	Rosa 10YR 7/4 con vetas castaño fuerte 7.5YR 4/6	Castaño rojizo oscuro 5YR 3/3
				Castaño pálido 10YR 6/3, con vetas gris rojizo 5YR 5/2
	Olor		No	No
	Sabor		No	No
	Brillo		Alto	Mediano
	Veteado		Suave	Pronunciado
	Textura		Mediana	Mediana
	Hilo		Recto	Entrecruzado
ZONAS DE CRECIMIENTO			Marcadas por fibras	Marcadas por fibras

Cuadro 8. Características microscópicas de la madera de las especies estudiadas de la Familia Polygonaceae.

		<i>Coccoloba acapulcensis</i>	<i>Coccoloba cozumelensis</i>	<i>Coccoloba spicata</i>
POROS	Porosidad	Difusa	Difusa	Difusa
	Agrupación	La mayoría múltiples radiales de 2 y algunos solitarios	La mayoría múltiples radiales de 2 a 5 y algunos solitarios	Múltiples radiales de 2 y algunos solitarios
	mm ²	Numerosos 30 (24-40)	Moderadamente numerosos 14 (11-16)	Numerosos 36 (28-41)
VASOS	Diámetro tangencial	Moderadamente pequeño 83 (37-100)	Moderadamente pequeño 88 (79-95)	Moderadamente pequeño 72 (68-76)
	Longitud	Moderadamente corta 320 (260-430)	Mediana 380 (345-410)	Mediana 480 (436-512)
	Tipo de puntuaciones	Areoladas alternas	Areoladas alternas	Areoladas alternas
	Tipo de perforación	Simple	Simple	Simple
	Tipo	Marginal y difuso	Difuso y paratraqueal escaso	Difuso y marginal
PARÉNQUIMA AXIAL RAYOS	Tipo	Homogéneos	Homogéneos	Homogéneos
	mm lineal	Muy numerosos 11 (9-16)	Muy numerosos 12 (10-14)	Muy numerosos 14 (13-16)
	Longitud	Extremadamente bajos 188 (50-437)	Extremadamente bajos 295 (250-315)	Extremadamente bajos 240 (235-265)
	Ancho	Muy fino 15 (13-18)	Muy fino 16 (13-19)	Muy fino 24 (22-28)
FIBRAS	Tipo	Libriformes	Libriformes	Libriformes
	Longitud	Muy corta 700 (550-800)	Moderadamente corta 830 (795-897)	Extremadamente corta 430 (413-441)
	Diámetro	Mediano 20 (12-22)	Mediano 20 (17-21)	Fino 13 (10-15)
	Pared	Delgada 3 (2-5)	Delgada 5 (6-8)	Delgada 4 (2-4)

Cuadro 9. Características macroscópicas de la madera de las especies estudiadas de las Familias Burseraceae, Erythroxylaceae, Malvaceae y Rhamnaceae.

		<i>Protium schippii</i>	<i>Erythroxylum rotundifolium</i>	<i>Hampea trilobata</i>	<i>Krugiodendron ferreum</i>	
ESTÉTICAS	Color	Albura	Gris claro	Castaño muy pálido	Amarillo	
			10YR 7/2,	10YR 7/4	10YR 7/6	
		Duramen	con vetas blanco	Castaño	Amarillo	
			10YR 8/2	10YR 5/3	10YR 8/4,	Castaño oscuro
					con vetas	7.5YR 4/4
		Olor	Característico	No	No	Aceitoso
		Sabor	Característico	No	No	Aceitoso
		Brillo	Mediano	Bajo	Bajo	Mediano
		Veteado	Suave	Pronunciado	Pronunciado	Suave
		Textura	Fina	Mediana	Mediana	Fina
	Hilo	Recto	Recto	Recto	Recto	
ZONAS DE CRECIMIENTO		Marcadas por fibras	Poco marcadas	Marcadas por el parénquima axial	Poco marcadas	

Cuadro 10. Características microscópicas de la madera de las especies estudiadas de las Familias Burseraceae, Erythroxylaceae, Malvaceae y Rhamnaceae.

		<i>Protium schippii</i>	<i>Erythroxylum rotundifolium</i>	<i>Hampea trilobata</i>	<i>Krugidendron ferreum</i>
POROS	Porosidad	Difusa	Difusa	Difusa	Difusa
	Agrupación	La mayoría solitarios y algunos múltiples radiales de 2 a 5	La mayoría solitarios y escasos múltiples radiales de 2 a 5	La mayoría solitarios y múltiples radiales de 2 a 4	La mayoría múltiples radiales de 2 a 5 y algunos solitarios
	mm ²	Moderadamente numerosos 17 (13-2)	Muy numerosos 81 (72-130)	Pocos 3 (2-5)	Muy numerosos 60 (47-77)
VASOS	Diámetro tangencial	Mediano 130 (90-190)	Moderadamente pequeño 70 (59-80)	Moderadamente grande 300 (140-360)	Moderadamente pequeño 70 (50-70)
	Longitud	Moderadamente corta 350 (290-620)	Mediana 450 (420-600)	Mediana 520 (440-600)	Mediana 500 (320-600)
	Tipo de puntuaciones	Areoladas alternas con forma poligonal	Areoladas alternas	Areoladas alternas de forma poligonal	Areoladas alternas
	Tipo de perforación	Simple	Simple	Simple	Simple
PARÉNQUIMA AXIAL	Tipo	Vasicéntrico escaso y difuso	Vasicéntrico, unilateral y difuso escaso	Difuso muy abundante	Vasicéntrico y difuso escaso
RAYOS	Tipo	Heterogéneos II y III	Homogéneos y heterogéneos I	Heterogéneos II	Heterogéneos I y III
	mm lineal	Pocos 3 (2-5)	Moderadamente numerosos 5 (2-7)	Pocos 2 (2-4)	Moderadamente numerosos 4 (2-7)
	Longitud	Extremadamente bajos 258 (190-350)	Extremadamente bajos 282 (170-410)	Muy bajos 1344 (800-2160)	Extremadamente bajos 287 (200-430)
	Ancho	Muy fino 20 (20-40)	Muy fino 20 (10-30)	Mediano 80 (60-140)	Muy fino 19 (10-30)
FIBRAS	Tipo	Libriformes septadas	Libriformes	Libriformes y algunas septadas	Libriformes
	Longitud	Extremadamente corta 800 (440-846)	Muy corta 948 (120-1350)	Muy larga 2220 (1620-2980)	Moderadamente corta 885 (800-1140)
	Diámetro	Mediano 20 (19-23)	Mediano 16 (10-20)	Muy grueso 35 (20-40)	Mediano 19 (10-30)
	Pared	Delgada 5 (4-5)	Gruesa 8 (5-10)	Delgada 5 (2-6)	Gruesa 9 (5-10)

CAPÍTULO III

RELACIÓN ESTRUCTURA-PROPIEDADES-USOS

RESUMEN

Se presentan los valores del peso específico de las veinte especies y con base en ellos se seleccionaron dos especies por cuyos valores se pueden considerar como: pesada a *Hampea trilobata* y muy pesada a *Erythroxylum rotundifolium*, para realizar las pruebas mecánicas de flexión, tensión e impacto que permitan entender sus propiedades y comportamiento para ser destinadas a usos como estructuras donde se requieren valores altos de peso y resistencia mecánica. La estructura anatómica de la madera sometida a los esfuerzos de flexión, tensión e impacto que son las que cargan normalmente en la casa habitación maya y en los durmientes que en primera instancia reflejan el efecto de esos esfuerzos son las paredes celulares, principalmente de las fibras y su relación con el parénquima axial; la distribución difusa de los poros su diámetro pequeño, la cantidad y tamaño de los rayos así como la presencia de los contenidos celulares y estructuras como las tílides, repercuten también en los valores del peso específico dado principalmente por la presencia de celulosa, hemicelulosas y lignina que producen alto valor energético da como resultado que las especies puedan ser pesadas y usadas como combustible en leña y carbón.

INTRODUCCIÓN

La madera es un material compuesto de células de diferentes formas y tamaños, cuyo número y distribución en el tejido del que forman parte, le proporcionan una determinada estructura, la cual está relacionada con factores ambientales; la composición química de cada célula y particularmente de su pared influyen en sus propiedades de la madera. Las principales son las físicas (peso específico ó densidad relativa, contractibilidad y expansibilidad lineal y volumétrica, conductividad térmica, conductividad eléctrica, conductividad acústica así como la permeabilidad; y las mecánicas (dureza, resistencia a la compresión y al cortante paralelo, resistencia a la flexión estática, al impacto y a la tensión) que le permiten ser destinada para diversos usos. Las principales características anatómicas que presentan las especies estudiadas que se pueden relacionar con sus propiedades de peso y resistencia mecánica son: la presencia de porosidad difusa, poros pequeños, rayos abundantes, bajos y numerosos, la pared de las fibras.

Una de las propiedades físicas más importantes es el peso específico ó densidad relativa, la cual está relacionada directamente con la resistencia mecánica de la madera. Se puede entender como la relación del peso de la madera por unidad de volumen, comparada con la masa de un volumen igual de agua. Los valores del peso específico indican cuan ligera o pesada puede ser una madera; en cuanto a las propiedades mecánicas, son las relacionadas con su comportamiento ante fuerzas externas e internas que pueden alterar su tamaño ó su forma le respuesta en mayor o menor grado a éstas fuerzas es la resistencia (Echenique-Manrique y Robles 1993). Los valores de estas propiedades son importantes para su caracterización ya que pueden considerarse como índices que permiten predecir su comportamiento en los

diferentes usos a que puedan ser destinadas (Kollman y Coté 1968, Butterfield *et al.*, 1993, Echenique-Manrique y Robles 1993, Bárcenas 1995, Bárcenas *et al.*, 2005, De la Paz Pérez-O. *et al.*, 2005).

Debido a que los usos tradicionales más frecuentes de las veinte especies estudiadas en las localidades de colecta son: la construcción de la casa habitación maya, durmientes, leña y carbón, que tradicionalmente han sido consideradas pesadas, duras, con alta resistencia mecánica y al biodeterioro, se consideró importante determinar los valores del peso específico y los de resistencia mecánica a los esfuerzos de tensión, compresión e impacto que puedan justificar estas propiedades. Asimismo se analizó a través de observaciones con microscopía electrónica de barrido, el daño que sufre la estructura anatómica en respuesta a los esfuerzos de resistencia a las cargas más frecuentes producidas de tensión, flexión e impacto.

Los resultados de las pruebas físicas y mecánicas, demuestran que las especies tienen altos valores de su peso específico, y de resistencia mecánica, lo cual justifica las propiedades que tradicionalmente se les han conferido. Las estructuras anatómicas observadas que se involucraron en los efectos producidos por las cargas que soporta la madera en los usos, son: la pared celular de las fibras, la cantidad, distribución y tamaño de los rayos, así como el parénquima axial.

ANTECEDENTES

En cuanto a estudios sobre aspectos tecnológicos en maderas tropicales se iniciaron con el estudio comparativo de las propiedades mecánicas de algunas de las especies más comunes en los bosques tropicales del Istmo Oaxaca y su posible aprovechamiento industrial (García 1944) al que le siguieron otros importantes, como los trabajos sobre las propiedades tecnológicas de diversas especies tropicales: Bárcenas (1995), Bárcenas *et al.*, (2005); el de Barajas-Morales (1987), los de Echenique-Manrique y Díaz-Gómez (1969), Echenique-Manrique (1970), Echenique-Manrique y Plumptre (1990), Echenique-Manrique y Robles (1993), Robles y Echenique-Manrique (1986), Rebollar *et al.*, (2001, 2002) y trabajos en los que se relacionan algunos aspectos anatómicos con las propiedades físico-mecánicas como los de; Guerrero (1989), De la Paz Pérez-O. y Carmona (1979), De la Paz Pérez-O. (2000), De la Paz Pérez-O. *et al.*, (2005), De la Paz Pérez-O. y Dávalos (2008).

MATERIAL Y MÉTODOS

Las especies estudiadas tienen características anatómicas que reflejan cualidades tanto estéticas como ser pesadas, resistentes y con durabilidad natural por lo que es importante conocer su comportamiento ante cargas y factores externos que prueben su capacidad de resistencia que les permitan ser consideradas para destinarlas a usos diversos. Se obtuvo el peso específico de las veinte especies y para analizar la función mecánica de la madera usada como estructuras que funcionan como columnas, vigas y soportes laterales que soportan las cargas de flexión, tensión e impacto se tomó como base el peso específico de dos de las veinte especies, cuyos valores fluctúan entre los más altos y los más bajos, se seleccionaron a *Erythroxylum rotundifolium* "ik'che" (0.82) y a *Hampea trilobata* "xcanhol" (0.57).

Para los estudios físico-mecánicos de la madera de las veinte especies estudiadas, se colectó un árbol de cada especie; el muestreo consistió en obtener dos trozas libres de defectos de 1.60 m. de longitud, la primera denominada **A** destinada para los estudios anatómicos y la segunda troza denominada **B**, de la que se obtuvieron las probetas con las dimensiones determinadas para la obtención del peso específico y para las pruebas de tensión, flexión e impacto de acuerdo a las Normas de la American Society for Testing of Materials (1993) (Fig. 1a, b).

Peso específico. Se usa la metodología seguida por Bárcenas (1995), basada en los criterios de la norma D-143 (ASTM, 1993). De la troza **B** se obtienen cubos de 2 x 2 cm de lado, tres para cada especie se pesan en condición verde (VV) en una balanza analítica y por el método de inmersión y desplazamiento de agua se saca el volumen en un vaso de precipitado con aproximadamente 2/3 partes de agua se introduce una aguja de disección en el cubo con las caras transversales cubiertas con cera para evitar la absorción de agua por capilaridad y se sumerge en el agua. La medición se hace del agua desplazada y se obtiene el valor numérico que corresponde al volumen por medir. Posteriormente se introducen las probetas a una estufa de secado por 24 horas o hasta que presente un peso constante (anhidro). La densidad se calcula de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$D_b = \frac{P_o}{VV}$$

Donde P_o es el peso anhidro en gramos, VV es el volumen verde en cm^3

Pruebas mecánicas. La troza **B** destinada a los ensayos micromecánicos, se trabajó en condiciones controladas de laboratorio a una temperatura de 25°C y a un contenido de humedad del 12-15%. De la troza se obtuvieron segmentos con los tres ejes típicos de aproximadamente 10-20 cm de longitud en dirección paralela a las fibras. Posteriormente se maquinaron para obtener las dimensiones propuestas para la realización de las pruebas; los espesores utilizados para las pruebas de tensión y flexión son de 0.4, 0.6, 0.8 y 1.0 mm (Fig. 2). Para la elaboración de las probetas de impacto se cortaron pedazos de madera en dirección paralela a la orientación de las fibras, con medidas de 63.5 x 12.7 x 3.17 mm. Para todas las pruebas se reportan los valores promedio (Fig. 1e).

Pruebas mecánicas a tensión. Para las pruebas mecánicas a tensión de utilizó la norma ASTM D 638, en un máquina de pruebas universal ZHIMADZU modelo AG-I con una celda de carga de 5 KN a una velocidad del cabezal de 0.5 mm/min (Fig. 1h). Para cada espesor se realizaron 15 probetas.

Pruebas mecánicas a flexión. Para la realización de las pruebas mecánicas a flexión de utilizó la norma ASTM D 790 M, en un tensómetro Minimat con una celda de carga de 1 KN a una velocidad del cabezal de 0.05 mm/min (Fig. 1g). Para cada espesor se realizaron 10 probetas. La carga se aplicó a la mitad de la longitud de la probeta, en una de las caras tangenciales la cual es apoyada por cada uno de sus extremos.

Pruebas mecánicas de impacto. Para la realización de las pruebas de impacto se utilizó la norma ASTM IZOD D 256, las pruebas se llevaron a acabo en un péndulo de impacto modelo CEAST, utilizando un martillo de 5.5 J (Fig. 1f). Para cada tipo de madera se realizaron 6 probetas.

Microscopía electrónica de barrido. Para este estudio se consideraron las técnicas de Dysktra (1993) realizadas con el Microscopio Electrónico de Barrido JEOL

JSM-6360LV con el apoyo de la Dra. María Goreti Campos Ríos en el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). Las secciones de madera utilizadas en las pruebas mecánicas se montaron con una cinta adhesiva de carbón para microscopía electrónica en porta muestras de aluminio puro de 10 mm de diámetro; las muestras fueron cubiertas mediante evaporación de carbón y depósito de iones áuricos al vacío; las imágenes se archivaron en un programa Corel Draw.

RESULTADOS

Física de la madera

Valores del peso específico. Las especies pueden considerarse como pesadas y muy pesadas (Fig. 3, Cuadro 1).

Mecánica de la madera

La madera de *Erythroxylum rotundifolium* “ik’che”, tiene un valor de peso específico de 0.82 y es utilizada en las columnas y vigas (okom, balo, kulub) y *Hampea trilobata* “xcanhol” tiene un valor específico de 0.57 y se usa como maderos verticales que forman las paredes de la casa (kulub). Ambas especies están sometidas a las cargas de flexión, tensión compresión e impacto.

Para medir la resistencia y rigidez de la madera de estas dos especies ante las cargas externas de flexión y tensión, se determinaron los siguientes parámetros: el módulo elástico (MOE), el esfuerzo máximo (o resistencia) y la deformación a la ruptura. Los valores se dan en Mega Pascales y los más altos obtenidos se dieron para *Erythroxylum rotundifolium* (Figs. 4-9, Cuadros 2 y 3). Los valores de resistencia al impacto que sufren las dos especies, también fue más alto para el ik’che’ (Fig. 10, Cuadro 4). Estos valores demuestran que la madera de *Erythroxylum rotundifolium* es más rígida que la de *Hampea trilobata*.

Microscopía Electrónica de Barrido. Aunque todos los elementos celulares que constituyen la madera están íntimamente relacionados con sus cualidades, éstas son dadas por las características de la estructura anatómica (Bárceñas *et al.*, 2005, De la Paz Pérez-O. *et al.*, 2005). En las dos especies estudiadas la pared de las fibras y el parénquima axial son los elementos que más representaron el efecto de las cargas efectuadas.

Se observó que en *Erythroxylum rotundifolium* las fibras son cortas, el grosor de la pared es grueso y el parénquima axial es escaso. El efecto de la flexión se observa claramente en la distorsión que sufre la madera en el lado de tensión las paredes de las fibras y el desgarramiento del material cementante (Figs.11b y d) y en el de compresión un colapso total (Fig. 11a). El escaso parénquima axial no se observa modificado, pero por su posición cercana a los poros, se observa, que el grosor de sus paredes le permiten a las células del parénquima axial mantener prácticamente el diámetro original (Fig. 11c). En el caso de la tensión, la madera sufre la deformación (Fig. 12a) y se observan las fibras desgarradas, principalmente la pared (Fig. 12b) y del material cementante (Fig. 12c). El diámetro de los poros se observa intacto y algunas células del parénquima axial (Fig. 12d). En el impacto, se observa la estructura cortada de la madera, justo en la sección de transición entre tensión y compresión, esto es,

colapso de la estructura en compresión y desgarramiento en tensión (Fig. 13a), el cizallamiento de todo el tejido (Fig. 13b), donde los poros son los que conservan su diámetro; las fibras se desprenden y se observa el daño en sus paredes y el desprendimiento del material cementante (Figs. 13c, d).

En *Hampea trilobata* el daño causado por flexión, se observa que el material madera se comprimió (Fig. 14a), la abundancia de parénquima axial ayuda a mantener el tejido, pero los poros se afectan en sus paredes y se distorsiona el diámetro (Figs. 14b-d). En la tensión se observa el proceso de debilitamiento de las paredes del parénquima (Figs. 15a, b) y de las fibras (Figs. 15c, d). En el impacto la madera colapsa (Fig. 16a), se observa conservado el diámetro de los poros (Fig. 16b) y la deformación de las células del parénquima axial (Figs. 16c, d).

Los ensayos mecánicos realizados en dos de las especies estudiadas consideradas como: muy pesada "ik'che" *Erythroxylum rotundifolium* y pesada "xcanhol" *H. trilobata*, presentan los efectos de desgarramiento y colapso en la estructura de la madera producidos por las cargas que afectan directamente en el caso de las fibras a las diferentes capas de las paredes celulares, en las secciones transversales el daño se observa en la orientación de las fibrillas de la pared y, el caso de los vasos, varían los efectos según las dimensiones del diámetro tangencial.

Se observa también la interacción que tienen los vasos y las fibras con el material cementante de la lámina media y el efecto en las fuerzas de adherencia. Por lo que se puede entender que la resistencia mecánica de la madera depende mucho del estrés que sufren las paredes celulares, de su grosor, de la orientación de las microfibrillas en las tres capas de la pared celular de vasos y fibras, así como el material cementante.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Anatomía-propiedades físicas

Toda la estructura anatómica de la madera influye en su densidad, la cual se puede entender como la relación del peso de la madera por unidad de volumen comparada con la masa de un volumen igual de agua y, depende de la relación que guardan, la cantidad de sustancia de la pared celular (celulosa, hemicelulosas y lignina), del tamaño, el tipo y cantidad de elementos celulares que conforman la madera. Los valores numéricos de la densidad de la madera dan índices importantes que permiten predecir su comportamiento físico y mecánico en cualidades como su dureza, resistencia, flexibilidad, contracciones, también permite seleccionar las mejores secuelas de secado y los métodos de impregnación (Ordoñez *et al.*, 1989, Echenique-Manrique y Robles 1993, Denne y Hale 1999, De la Paz Pérez-O. 2000, De la Paz Pérez-O. *et al.*, 2005, Monteoliva *et al.*, 2005).

Datos interesantes como los de Ortega (1984) sobre las interrelaciones de las diferentes variables que componen la madera como: en el caso de los vasos, se maneja la tendencia que existe en que, a medida que disminuye el volumen o la proporción de los vasos, aumenta el valor del peso específico; en el caso de la estructura del parénquima radial los espacios intercelulares no son perceptibles y las paredes celulares son relativamente gruesas, su número por mm lineal y su altura influye en aumentar el valor específico de la madera y si a esto agregamos que en las especies estudiadas existe la presencia de diferentes tipos de extractivos, se entiende

que tengan altos valores de densidad, datos que confirman estas relaciones se encuentran en los trabajos de Ortega (1984) y De la Paz Pérez-O. (2000), De la Paz Pérez-O. *et al.*, (1997), Monteoliva *et al.*, (2005), Vennin *et al.*, (2005). Esta propiedad les permite tener un alto valor energético, por lo que son usadas como combustible para leña y carbón (Olguín 1994).

En el caso de las especies estudiadas por ejemplo, las dimensiones de las fibras y el diámetro pequeño de los poros, la cantidad y tamaño de los rayos, además de la presencia de extractivos como gomas, cristales y taninos y de estructuras como las tílides contribuyen a que la mayoría tenga valores altos en su densidad, por lo que se pueden considerar como pesadas *Hampea trilobata* y *Protium schippii* y muy pesadas a las restantes (Fig. 3, Cuadro 1).

Anatomía-propiedades mecánicas

En general, éstas, se refieren al conjunto de propiedades que hacen a la madera capaz de resistir fuerzas externas (resistencia). En el uso tradicional más importante de la madera las especies estudiadas, la casa habitación se infiere que las fuerzas externas, particularmente de viento fuertes, ciclones y huracanes), radiación solar, a los que son sometidas las partes estructurales son de flexión, tensión, compresión e impacto.

La propiedad de flexión estática se puede entender como la resistencia que ofrece la madera a las cargas externas, donde se somete la estructura a compresión y a tensión y es la capacidad que presenta un elemento horizontal apoyado en sus extremos a la acción de cargas, como por ejemplo cuando es utilizada como una viga. Los valores de flexión estática para ik'ché' y para xcanhol manifiestan la mayor cantidad de material celulósico y de lignina para la madera de ik'ché'. En el caso de los vasos, el área de huecos o espacios de los poros de diámetro tangencial pequeño y la cantidad de fibras presente dan como resultado una estructura más compacta que en el caso de especies que tienen vasos abundantes de diámetros tangenciales grandes y numerosos que ocupan un mayor espacio en el tejido, pueden producir zonas débiles.

Resistencia a la tensión. Es la resistencia que presenta la madera al alargamiento, puede ser en dirección paralela o en dirección perpendicular a su eje longitudinal. Esta propiedad nos permite seleccionar la madera para el uso de estructuras, vigas y cuando es perpendicular (cargas en dirección radial y tangencial). La alta resistencia a la tensión y/o compresión en dirección paralela que presentan las fibras, se debe al efecto endurecedor y cementante de la lignina y a que las microfibrillas de las paredes celulares orientadas en la misma dirección paralela ofrecen gran resistencia a romper sus cadenas de celulosa (Echenique-Manrique 1970).

En el caso de la compresión paralela al grano, es entendida como la resistencia que ofrece la madera a una fuerza que actúa en dirección paralela a las fibras y que tiende a comprimirla, esto es, hacerla más corta. Si se considera que las fibras constituyen la mayor parte del volumen de la madera y que su pared celular es más gruesa que la del resto de las células, se puede entender que sean las que más influyen en la resistencia mecánica de la madera.

Por otra parte el efecto de las fuerzas axiales, tanto de tensión como de compresión se refleja a nivel de la pared celular en las microfibrillas, que son las que

resisten la presión en compresión paralela. En éste caso la altura, anchura y número de los rayos, influyen también de manera directa en los valores.

El impacto es una fuerza aplicada a una velocidad muy alta y puede ser tanto de flexión como de tensión (Pedro J. Herrera 2008, comunicación personal), donde los elementos celulares que influyen son de igual manera que en el caso de la flexión estática número y diámetro de poros, diámetro y grosor de paredes, donde la presencia de las microfibrillas, el material cementante (lignina) son factores directos en las respuestas a este tipo de cargas. El tipo, altura y número de rayos, también influye. De acuerdo con esta propiedad la tenacidad de la madera se puede clasificar como: muy alta, alta, mediana, baja y muy baja; con esta propiedad se puede seleccionar la madera para usos, mangos de herramientas. Los valores de impacto en estas especies se pueden relacionar con las dimensiones pequeñas de vasos y rayos.

De acuerdo con los resultados de los valores más altos de la densidad para ik'che', presentan mayor resistencia mecánica en flexión, tensión e impacto comparados con los de menor densidad para xcanhol que ofrecen menor resistencia (Figs. 4-10, Cuadros 2, 3).

La porosidad difusa y las dimensiones pequeñas de vasos y rayos, así como la presencia de paredes gruesas y los contenidos celulares presentes en las especies, puede explicar respuestas positivas a los efectos que tienen las maderas con respecto a los altos valores de la densidad y su resistencia mecánica, así como a la durabilidad natural que poseen, lo que justifica el que los campesinos mayas las consideren como maderas duras, pesadas, resistentes al biodeterioro y las destinen a los usos tradicionales donde se requieran estas cualidades de la madera como la construcción rural de la casa habitación, en palapas, durmientes, leña, carbón, puertas, muebles.

La madera puede considerarse como un conjunto de fibras inmersas en una matriz donde se puede entender que la resistencia mecánica está controlada en el sentido longitudinal por las fibras y en el transversal por la matriz, por otra parte, la madera está constituida fundamentalmente por diversos elementos celulares de diferentes formas, tamaños y sustancias extractivas, los cuales están constituidos por diversas sustancias químicas que les confieren diferentes propiedades importantes como la densidad y su resistencia mecánica.

En las paredes celulares la celulosa organizada en forma de microfibrillas funcionan como el armazón de la pared celular, dentro de las microfibrillas las cadenas de celulosa presentan zonas cristalinas y amorfas, donde la estructura es compacta en la primera y laxa en la segunda; la lignina es otro componente importante de la pared que funciona como una sustancia matricial e influye también en las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Existen además otros componentes en la pared como hemicelulosas proteínas y agua que influyen también en el comportamiento de la madera. El contenido en porcentaje de todos estos compuestos químicos en las paredes de las células que constituyen la madera varía en las diferentes especies; se ha reportado que en la madera de especies tropicales presenta mayor cantidad de lignina que las de clima templado. La presencia de extractivos en las maderas tropicales guarda una relación importante con su densidad produciendo que los efectos de las contracciones sean bajos (Echenique-Manrique y Robles 1993).

Respecto a las propiedades mecánicas que presentan las especies estudiadas la relación esfuerzo deformación depende también de su estructura y del tipo de acciones externas que sufren. La máxima resistencia a tensión en la madera se

presenta en la dirección paralela en las fibras y en la dirección en que están orientadas las moléculas en la celulosa. En el caso de la compresión en las maderas duras las resistencias entre tensión y compresión son del mismo orden, la resistencia a compresión de la madera en dirección paralela en las fibras varía aproximadamente a la mitad de su resistencia a tensión en la misma dirección y puede explicarse por la influencia de fenómenos de pandeo en las fibras individuales de la madera cuyo comportamiento puede equipararse al de una columna. En el comportamiento bajo flexión las fallas se inician con el aplastamiento de las fibras sometidas a compresión a la que sigue la rotura de las fibras en tensión (Robles y Echenique-Manrique 1986).

El efecto de la resistencia mecánica de la madera es muy importante para varios tipos de industrias, en este caso donde el uso tradicional de las maderas tropicales señala mucho en dirección a destinarla en usos donde se aplican cargas externas fuertes, como en estructuras de la construcción de casas, puentes, entre otros, donde se requiere un material denso, fuerte, pesado y resistente es de gran interés conocer la resistencia máxima de la madera y donde se efectúan las fallas de su estructura cuando se rebasa los valores de su resistencia mecánica.

Por consiguiente se puede decir que las propiedades físicas y mecánicas de la madera dependen de la forma en que se combinan los diferentes caracteres anatómicos y de la cantidad del elemento básico que forman las paredes celulares de la madera, de la disposición y orientación de los materiales que forman las paredes celulares, de su composición química de los extractivos presentes y de la presencia de estructuras como las tílides, con lo que se puede explicar el comportamiento de la madera (Brazier 1975, Robles y Echenique-Manrique 1986).

Estas observaciones son importantes para entender el comportamiento de la madera en la relación con su estructura anatómica y coinciden, por ejemplo, con las de autores que concluyen que las fracturas de la madera son relacionadas con la organización de las paredes celulares y su peso específico (densidad) Davies (1968). En el caso de las contracciones de la madera se menciona la influencia del ángulo de orientación de las fibras Cockrell (1946), Monteoliva *et al.*, (2005); también la influencia no solo de la estructura de las paredes de las fibras, sino la del tamaño y número de rayos de parénquima Boutelje (1962); así como la influencia de extractivos en las propiedades mecánicas Grabner *et al.*, (2005). En el caso de los valores del peso específico en relación con el porcentaje de pared y el lumen celular de fibras y vasos, se da un mayor valor de la densidad, cuando aumenta el porcentaje en grosor de la pared y de el lumen celular Denne y Hale (1999) y a la densidad o peso específico de la madera, lo que coincide con Davies (1968).

Las pruebas realizadas en la madera que es un material de origen biológico, complejo, compuesto por varios tipos celulares, cuya forma, tamaño, distribución y cantidad reflejan sus propiedades, para entenderlas, es necesario realizar diferentes estudios de anatomía, biofísica, bioquímica, biología evolutiva y otros. A éste proceso que se requiere para conocer la resistencia de la madera, se le ha denominado como pruebas biomecánicas, que varios autores como: Niklas (1992), Vincent (1992) y Nigg (1999) entienden como el contexto en el que responden los tejidos vivos al ser tratados como sólidos ó fluídos mecánicos. Para Nigg (1999), la biomecánica estudia o cuantifica las fuerzas externas y su influencia sobre los componentes de los sistemas vivos, la deformación de sus estructuras biológicas y el efecto de las fuerzas sobre el crecimiento, desarrollo y daño de los seres vivos (Quiróz 2007).

REFERENCIAS

- American Society for Testing and Materials (ASTM). 1993. Standard methods of testing small clear. Specimens of timber. ASTM Standard D-143-83. Philadelphia PA.
- Barajas-Morales, J. 1987. Wood specific gravity in species from two tropical forests in Mexico. IAWA Bull. n. s. Vol. 8 (2): 143-148
- Bárceñas, G. 1995. Caracterización tecnológica de veinte especies maderables de la Selva Lacandona. Madera y Bosques 1(1): 9-38.
- Bárceñas, G., F. Ortega-Escalona, G. Ángeles-Álvarez, y P. Ronzón-Pérez 2005. Relación estructura-propiedades de la madera de angiospermas mexicanas. Universidad y Ciencia. 21(42): 45-55.
- Boutelje, J. B. 1962. The relationship of structure to transverse anisotropy in wood with reference to shrinkage and elasticity. Holzforchung 16 Nr2: 33-46. Technischer Verlag Herbert Cram. Berlin W.
- Brazier, J. D. 1975. The changing pattern of research in wood anatomy. Journal of Microscopy 104(1): 53-64.
- Butterfield, R. P., R. P. Crook, R. Adams and R. Morris. 1993. Radial variation in wood specific gravity, fibre length and vessel area for two Central American hardwoods: *Hyeronima alchorneoides* and *Vochysia guatemalensis*: natural and plantation-grown trees. IAWA Journal. Vol. 14 (2): 153-161.
- Cockrell, R. A. 1946. Influence of fibrillar, angle on longitudinal shrinkage of Ponderosa Pine wood. Journal of Forestry Vol 44(11): 876-878.
- Davies, G. W. 1968. Microscopic observations of wood fracture. Holzforchung 22. H6:177-180.
- De la Paz Pérez-O., C. y T. Carmona. 1979. Influencia del hilo en algunas características tecnológicas de la madera. Bol. Téc. Inst. Nac. Invest. For. 60. México, D. F. 47 p.
- De la Paz Pérez-O., C. 2000. Relación estructura propiedades físico-mecánicas de la madera de algunas especies de encinos (*Quercus*) mexicanos. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. UNAM. 266 p.
- De la Paz Pérez-O., C., R. Dávalos y A. Quintanar. 2005. Influencia de los radios en algunas propiedades físicas y mecánicas de la madera de ocho encinos (*Quercus*) de Durango, México. Madera y Bosques 11(2):49-68.
- De la Paz Pérez-O., C. y R. Dávalos. 2008. Algunas características anatómicas y tecnológicas de la madera de 24 especies de *Quercus* (encinos) de México. Madera y Bosques 14(3): 43-80.
- De la Paz Pérez-O., C., R. Dávalos S. y A. Quintanar I. 1997. Las características tecnológicas de la madera. ContactoS 19:15-21.
- Denne, M. P. and M. D. Hale. 1999. Cell wall and lumen percentages in relation to wood density of *Nothofagus nervosa*. IAWA Journal. Vol. 20(1): 23-36.
- Echenique-Manrique, R. 1970. Veinticinco Maderas Tropicales Mexicanas. Serie Maderas de México. Cámara Nacional de la Industria de la Construcción. México. 237 p.
- Dykstra, M. J. 1993. A Manual of Applied Techniques for Biological Electron Microscopy. Plenum, New York, Nueva York. 257 p.

- Echenique-Manrique, R. 1970. Veinticinco maderas tropicales mexicanas. Serie Maderas de México. Cámara Nacional de la Industria de la Construcción. México. 237 p.
- Echenique-Manrique, R y F. Robles. 1993. Ciencia y Tecnología de la Madera I. Textos Universitarios. Universidad Veracruzana. México. 137 p.
- Echenique-Manrique, R. y R. A. Plumptre. 1990. A guide to the use of Mexican and Belizean timbres. Tropical Forestry Papers N° 20. Oxford Forestry Institute. University of Oxford. 123 p.
- Echenique-Manrique, R. y V. Díaz-Gómez. 1969. Algunas características tecnológicas de 10 especies mexicanas. Boletín Técnico INIF N° 27 SFF/SARH. México.
- García, O. 1944. Estudio comparativo de las propiedades mecánicas de algunas de las especies más comunes en los bosques tropicales del Istmo de nuestro país y su posible aprovechamiento industrial. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 77p.
- Grabner, M., U. Muller, N. Gierlinger and R. Wimmer. 2005. Effects of heartwood extractives on mechanical properties of larch. IAWA Journal. Vol. 26 (2): 211-237
- Guerrero, O. L. 1989. Relación de la estructura de la madera de *Quercus sartori* Liebm. Con algunas propiedades físico-mecánicas. Tesis de Maestría. Colegio de posgraduados. Centro de Botánica. Montecillo. México. 134 p.
- Kollman, F. P. and W. A. Coté Jr. 1968. Principles of wood science and technology. I. Solid Wood. Springer-Verlag Nueva York. 560 p.
- Monteoliva, S., G. Senisterra and R. Marlats. 2005. Variation of Wood, density and fibre length in six willow clones (*Salix* spp.) IAWA Journal. 26(2): 197-202.
- Nigg, B. M. 1999. Definition of Biomechanics. *In*: Benno M. Nigg. and W. Herzog (eds). Biomechanics of the muscle-skeletal system. John Wiley & Sons. Chichester. 2 p.
- Niklas, J. K. 1992. Plant biomechanics: an engineering approach to plant form and function. The University Chicago Press. Chicago, USA. 190-381
- Olguín, E. 1994. Evaluación y optimización del uso de la leña. A nivel familiar y de pequeñas industrias rurales. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, México. 75 p.
- Ordóñez, V., G. Bárcenas y A. Quiroz. 1989. Características físico-mecánicas de la madera de San Pablo Macuilianguis, Oaxaca. La madera y su uso. Boletín técnico núm. 21. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Ver. UAM-Azcapotzalco.
- Ortega, E. F. 1984. Estudio anatómico de la madera de seis especies de la Selva Lacandona. Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D. F. 68 p.
- Quiroz, J. A. 2007. Características anatómicas, mecánicas y biomecánicas de *Desmoncus orthacanthos* Matius (Arecaceae) en dos condiciones naturales de crecimiento. Tesis de Doctorado. CICY A. C. Mérida, México. 134 p.
- Rebollar, S., V. Santos, G. Bárcenas, R. Ledesma y R. Dávalos. 2001. Maderas tropicales de Quintana Roo. OEPFZM S. C., UAM-Iztapalapa. Instituto de Ecología A. C. Inter. American Foundation. World Wild Life Foundation Inc. Mac Arthur Foundation. Fundacion Rockefeller 37 p.
- Rebollar, S., V. Santos, G. Bárcenas, R. Ledesma y R. Dávalos. 2002. Tropical Woods of Quintana Roo. OEPFZM S. C. UAM-Iztapalapa. Instituto de Ecología A.C.

Inter.-American Foundation World Wild Life Foundation Inc. Mac Arthur Foundation. Fundacion Rockefeller 37 p.

Robles, F. y R. Echenique-Manrique. 1986. Estructuras de Madera. Limusa. 367 p.

Veenin, T., M. Fujita, T. Nobuchi and S. Siripatanadilok. 2005. Radial variations of anatomical characteristics and specific gravity in *Eucalyptus camaldulensis* clones. IAWA Bull. n. s. 26(3): 353-361.

Vincent, J. F. V. 1992. Biomechanics materials. A practical approach. *In*: J. F. V. Vincent (ed.). Plants. IRL Press and Oxford University Press. Oxford. 164-191.

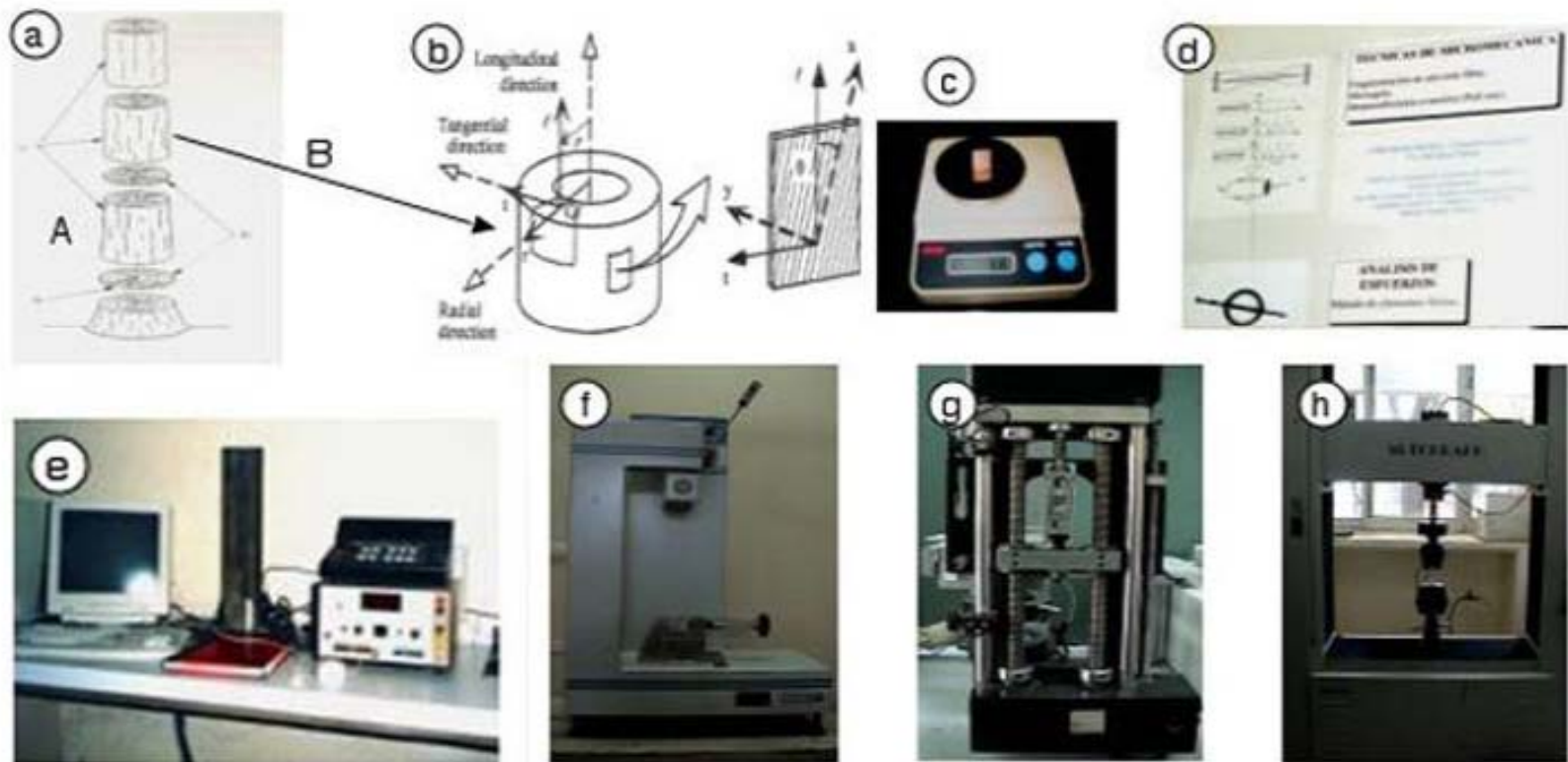


Figura 1. Muestreo para la obtención de las probetas para las pruebas físico-mecánicas (a y b). c. Balanza analítica. d, e. Máquina de micromecánicas. f. Máquina de impacto. g. Minimat 2. h. Schimadzu. Laboratorio de propiedades mecánicas. Unidad de materiales, CICY.

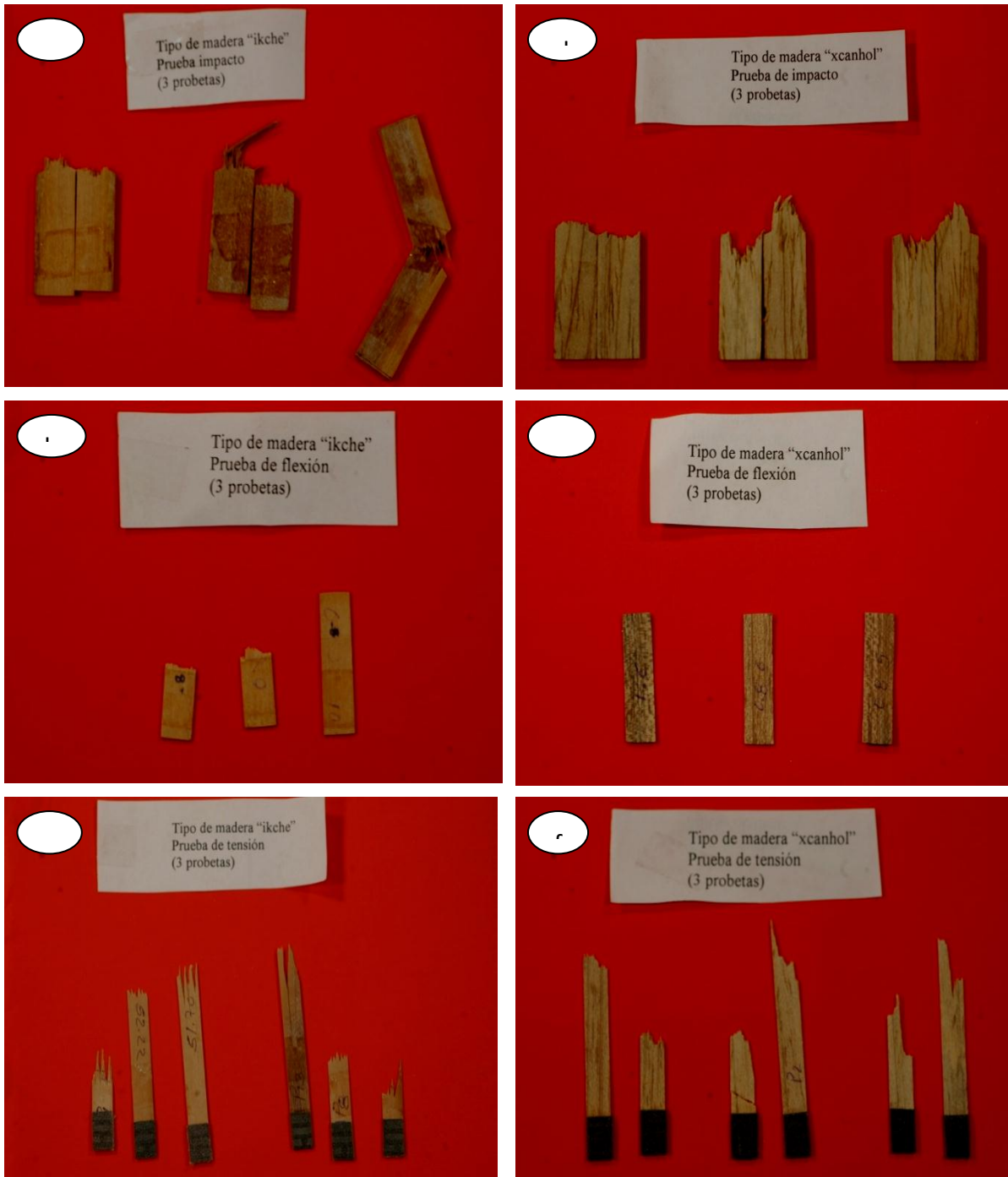


Figura 2. Probetas utilizadas para las pruebas de mecánicas de impacto, flexión y tensión. a-c. *Erythroxylum. rotundifolium* (ik'che). d-f . *Hampea trilobata* (xcanhol).

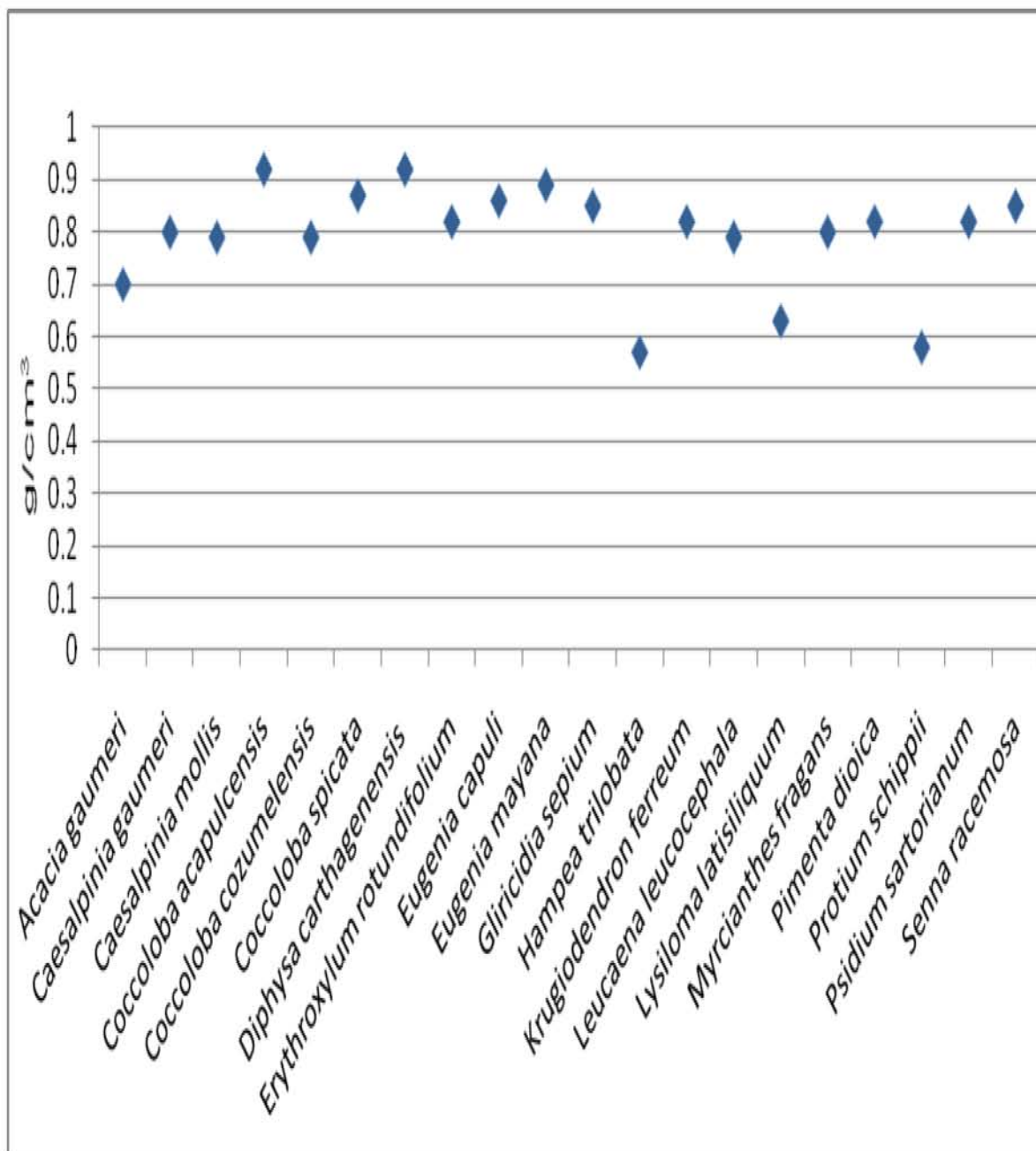


Figura 3. Valores del peso específico de las especies estudiadas.

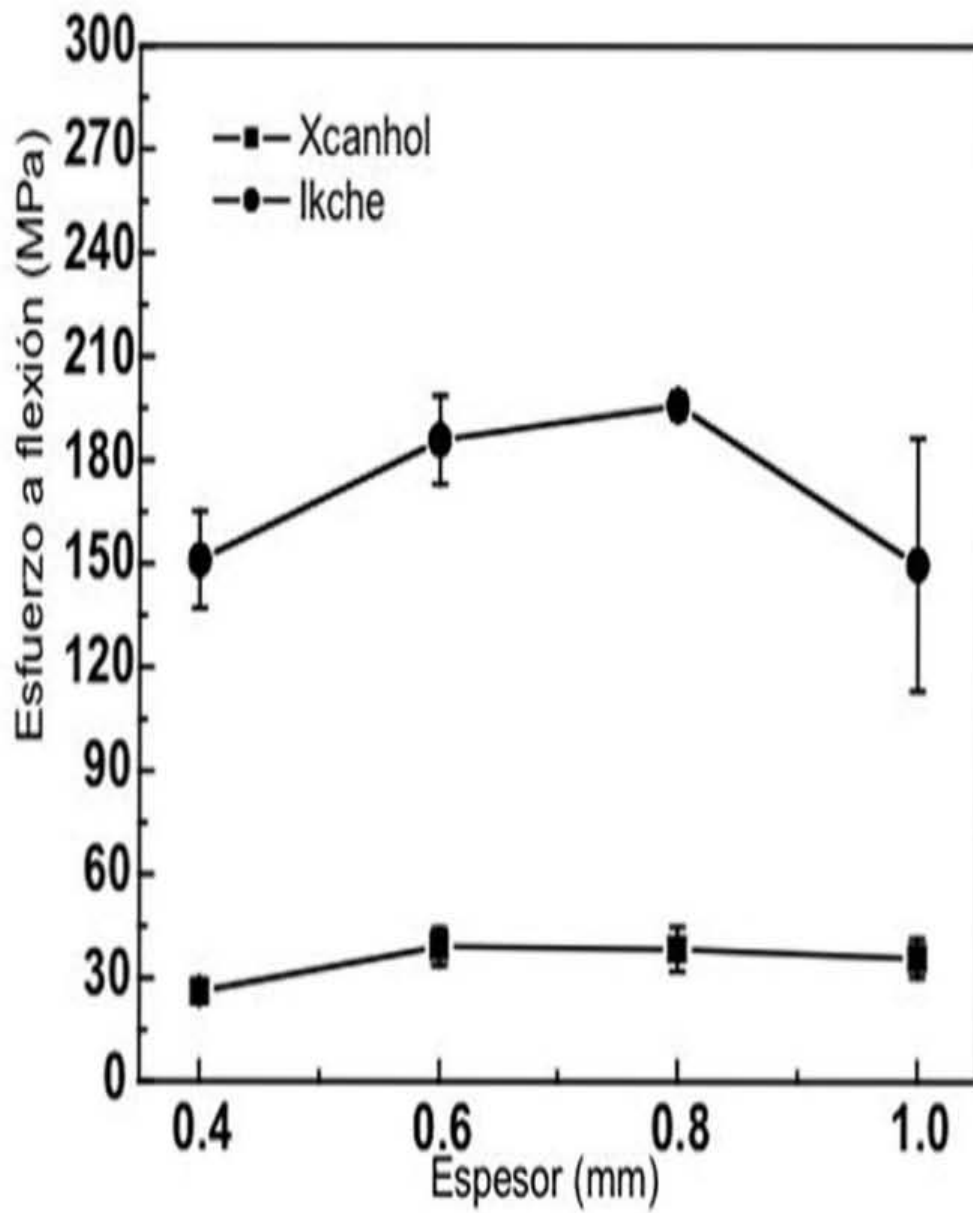


Figura 4. Comparación del esfuerzo a flexión de *E. rotundifolium* (ik'che') y *H. trilobata* (xcanhol).

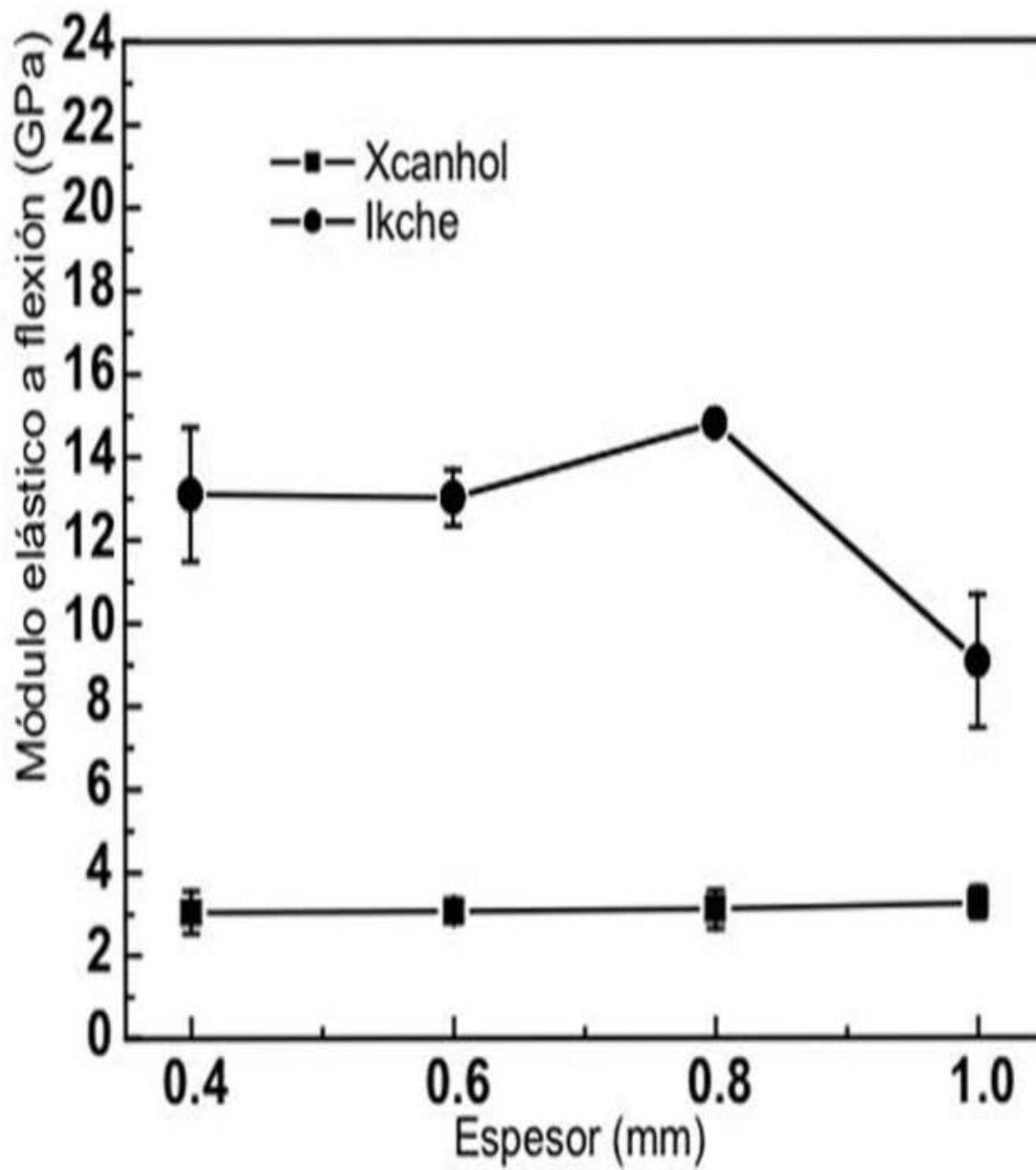


Figura 5. Comparación del módulo elástico a flexión de *E. rotundifolium* (ik'che') y *H. trilobata* (xcanhol).

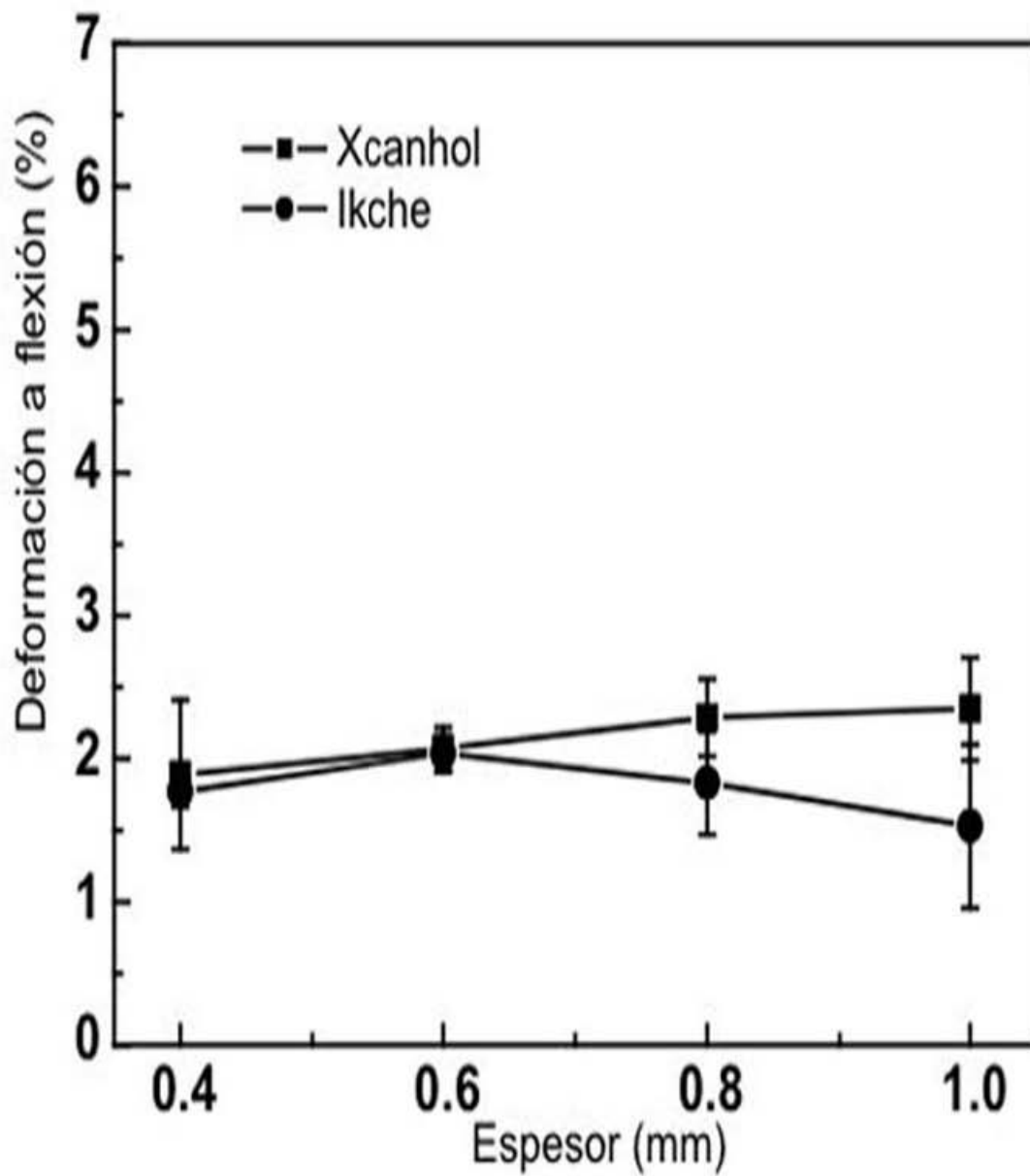


Figura 6. Comparación de deformación a flexión de *E. rotundifolium* (ik'che') y *H. trilobata* (xcanhol).

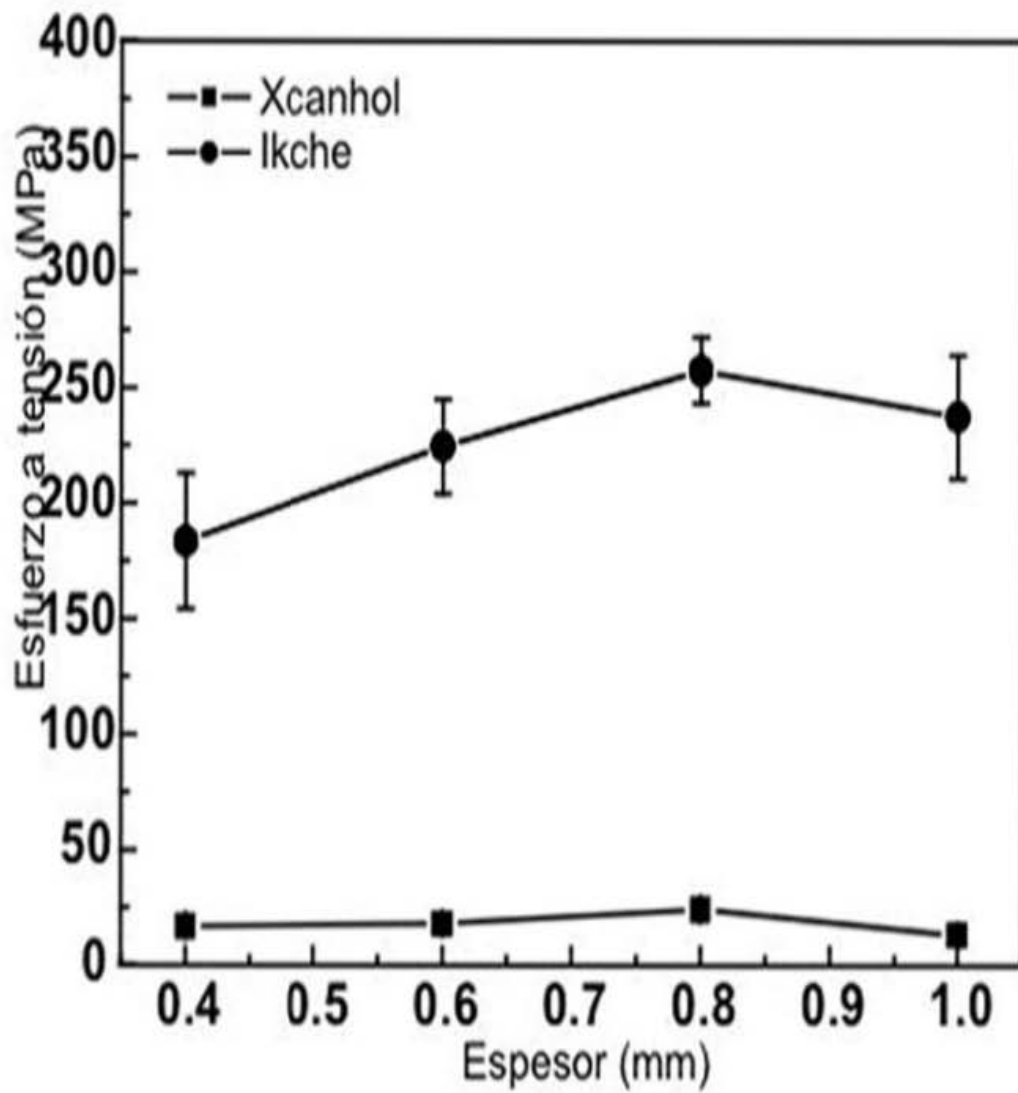


Figura 7. Comparación del esfuerzo a tensión de *E. rotundifolium* (ik'che') y *H. trilobata* (xcanhol).

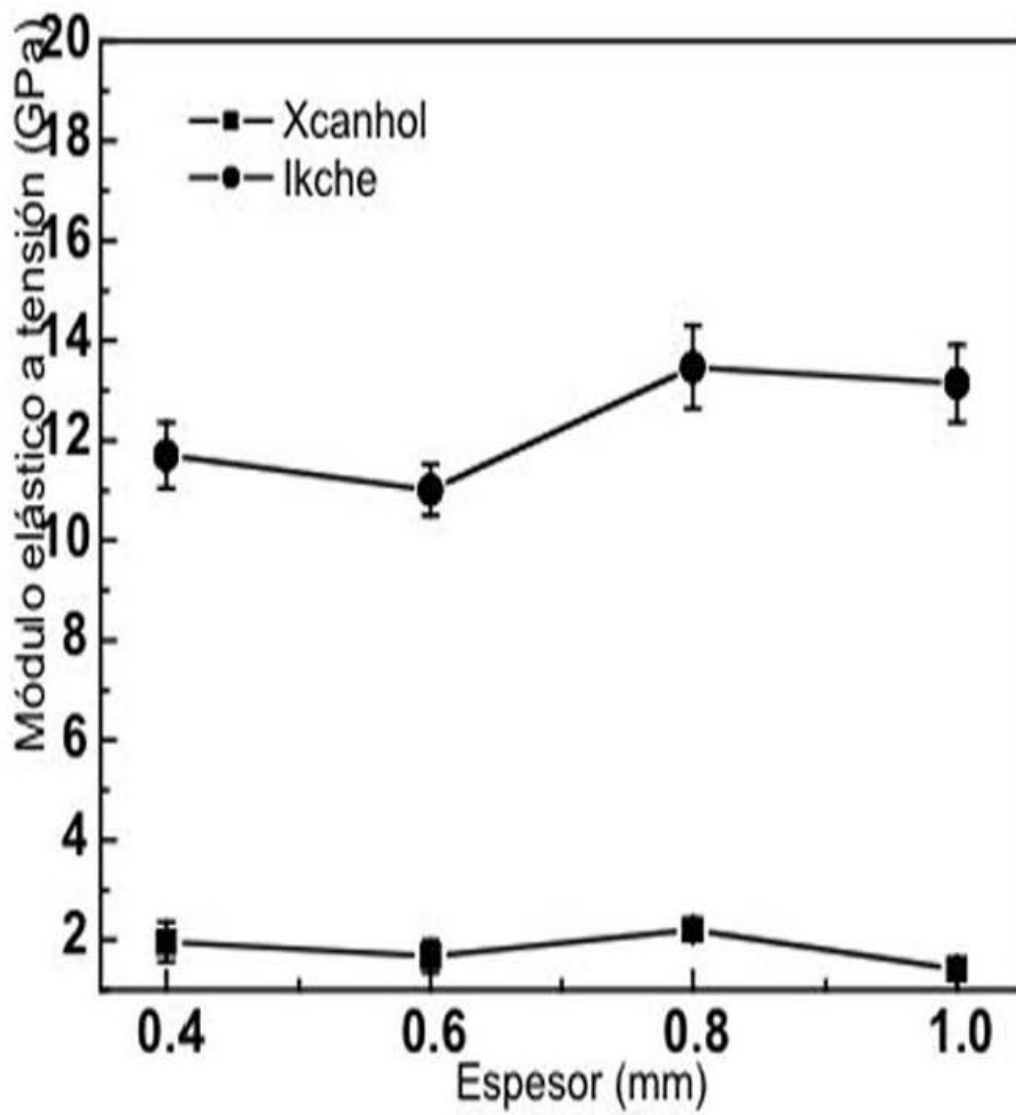


Figura 8. Comparación del módulo elástico a tensión de *E. rotundifolium* (ik'che) y *H. trilobata* (xcanhol).

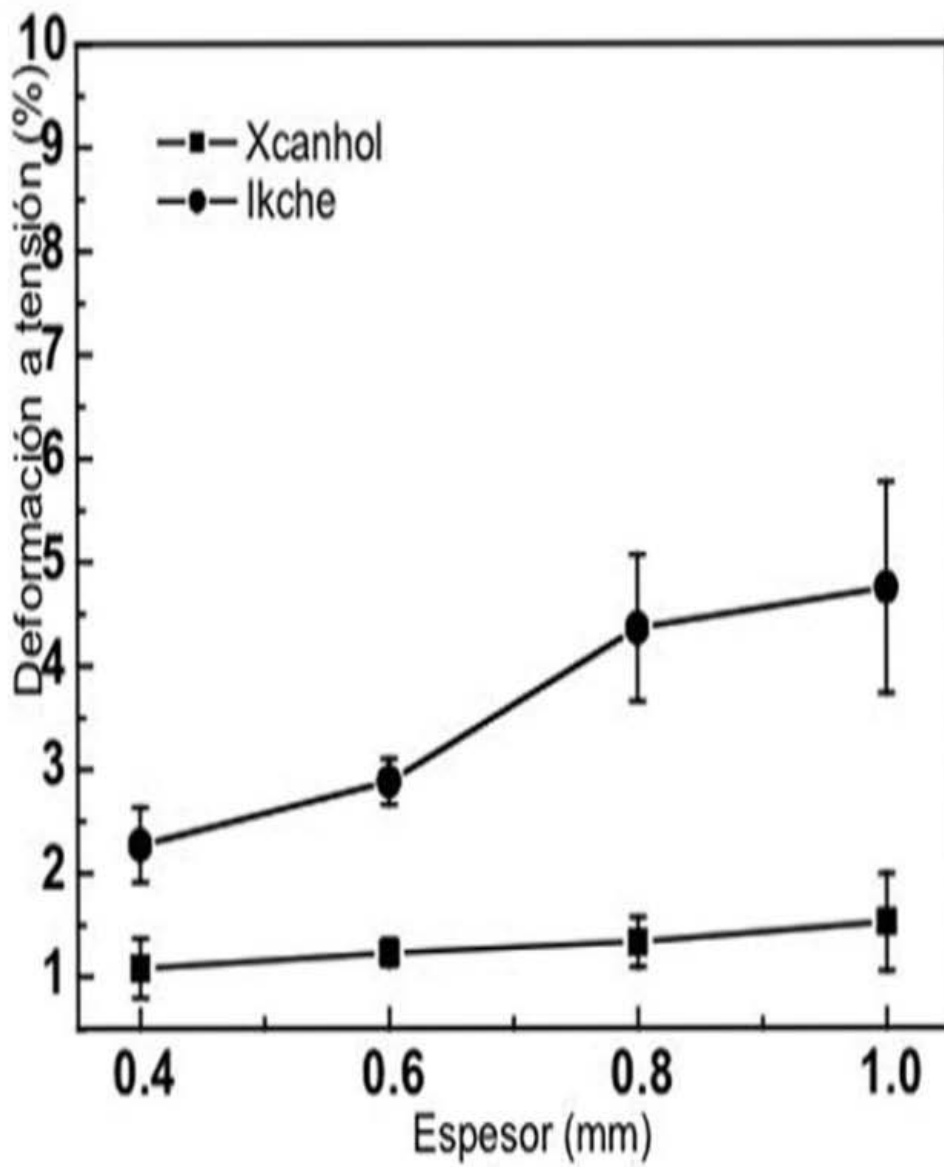


Figura 9. Comparación de deformación a tensión de *E. rotundifolium* (ik'che') y *H. trilobata* (xcanhol).

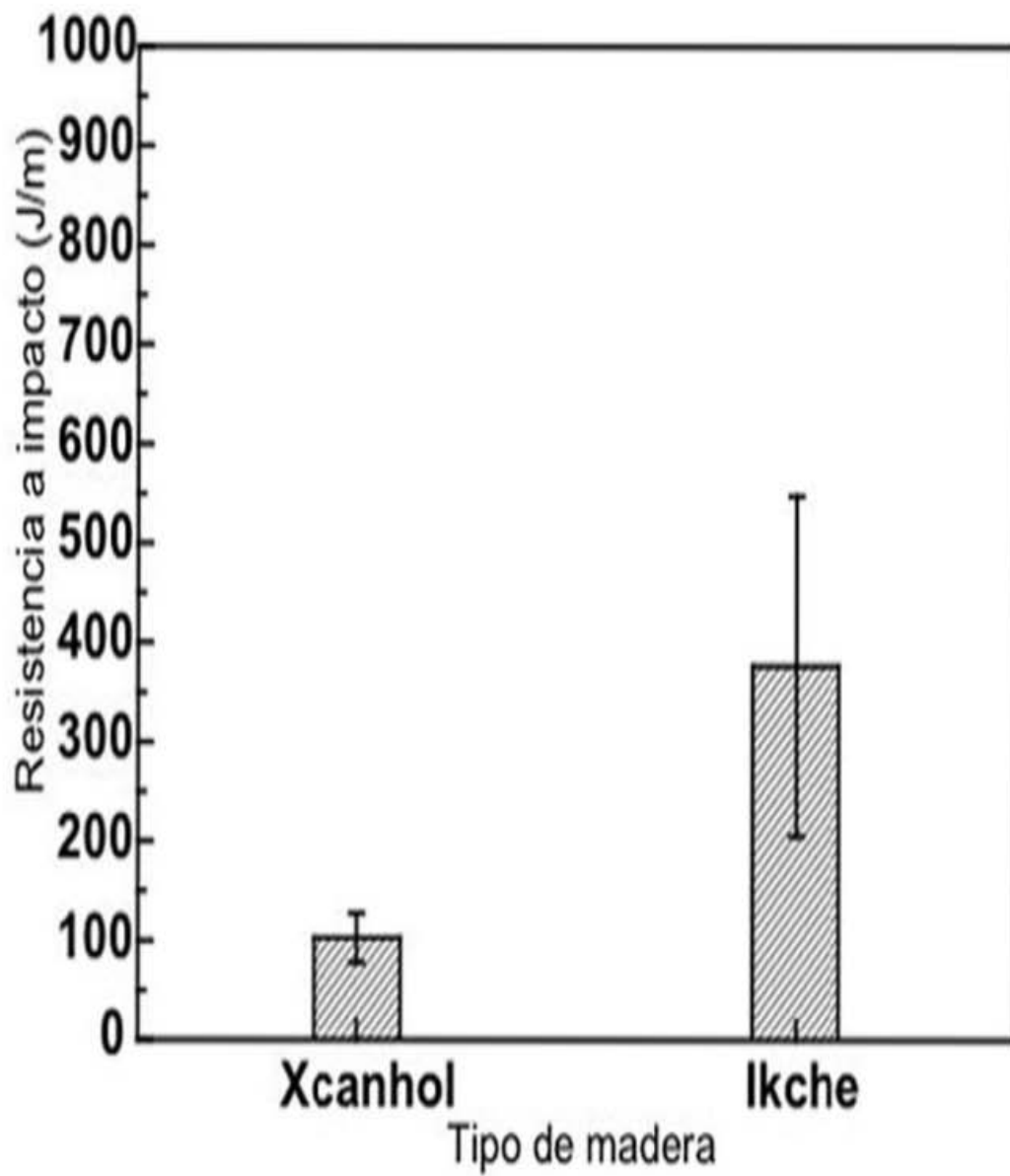


Figura 10. Comparación de resistencia al impacto de *E. rotundifolium* (ik'che') y *H. trilobata* (xcanhol).

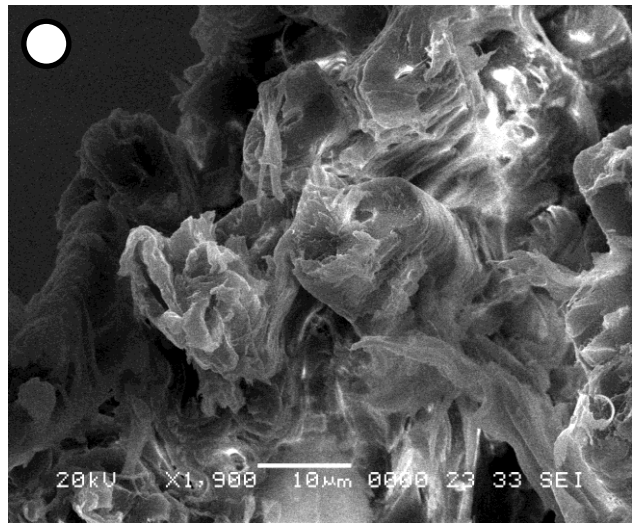
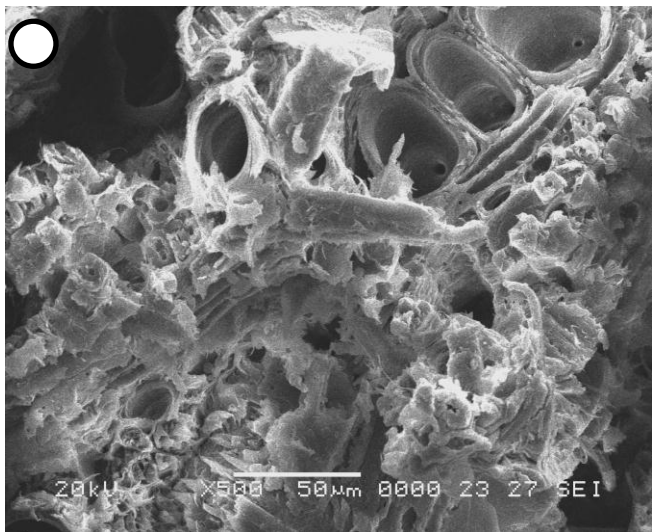
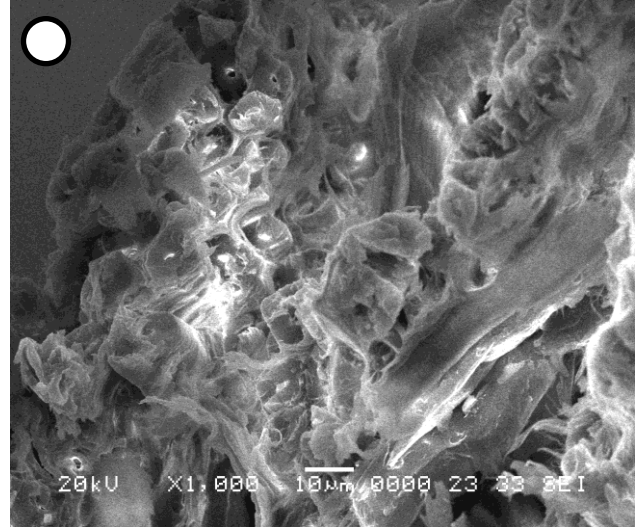
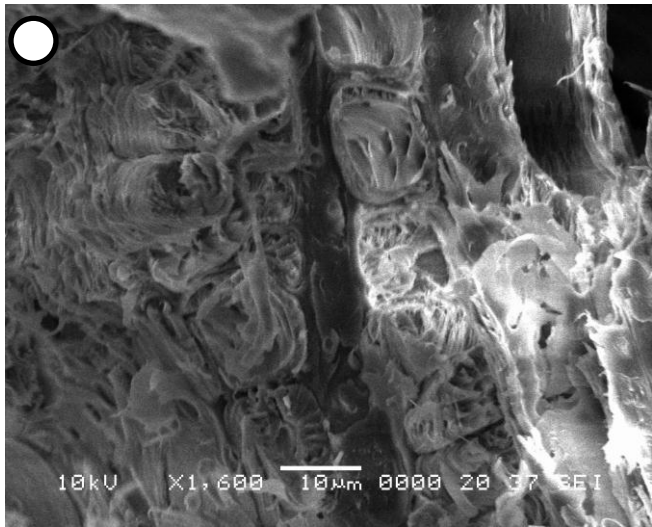


Figura 11. *Erythroxylum rotundifolium*. Prueba de flexión. Se observa la distorsión que sufre la madera (a y b). El efecto de la flexión impacta las paredes de las fibras y la separación del material cementante (b y d). Los poros y el parénquima axial mantienen su forma (c).

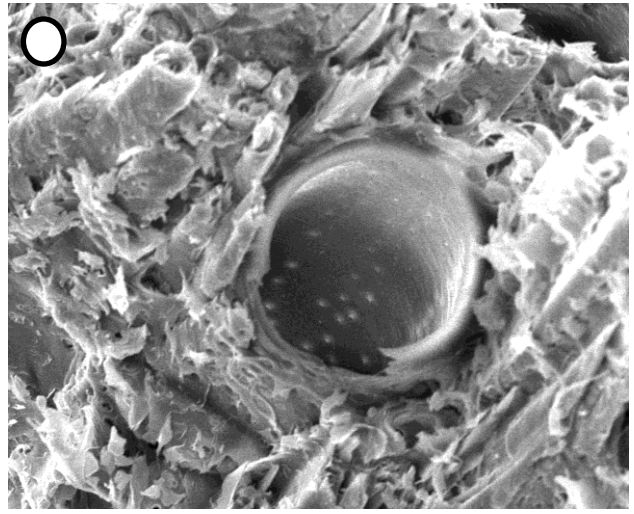
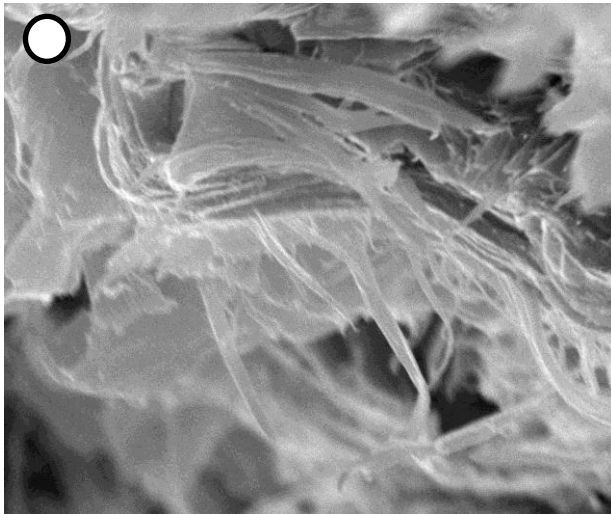
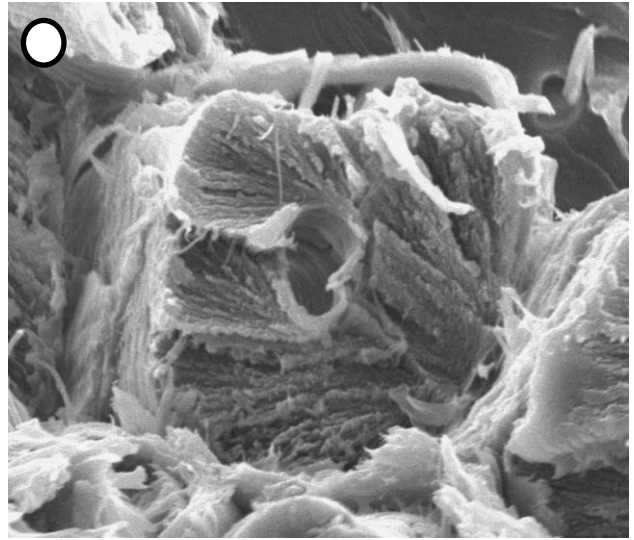
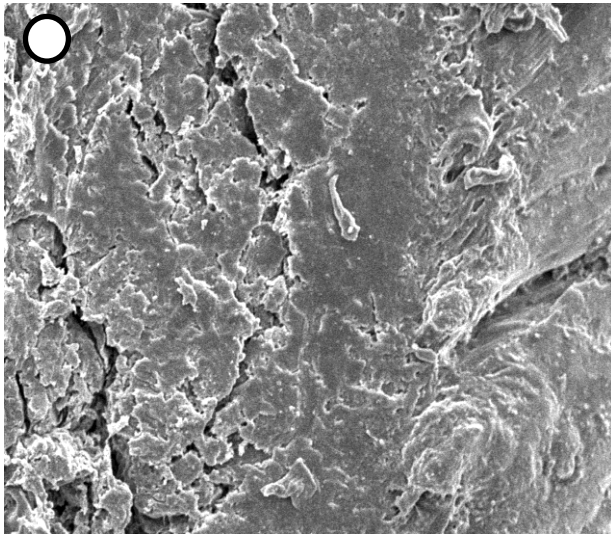


Figura 12. *Erythroxylum rotundifolium*. Prueba de tensión. Se observa la deformación de la madera (a). Las fibras sufren un desgarramiento en sus paredes (b) y en el material cementante (c). La pared y diámetro de los poros conservan su forma y diámetro (d).

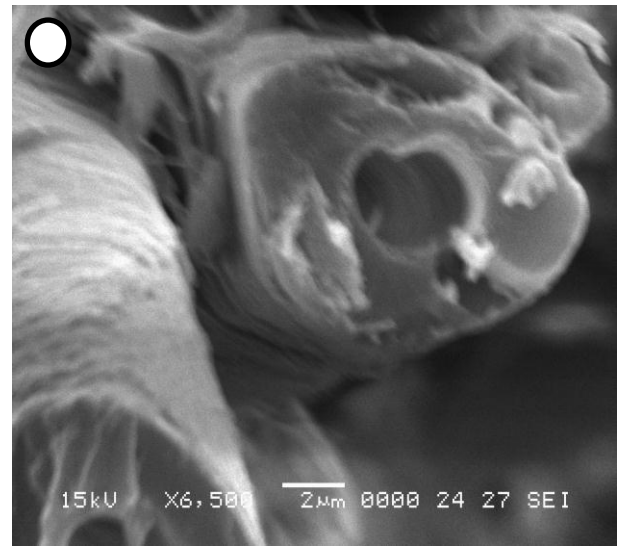
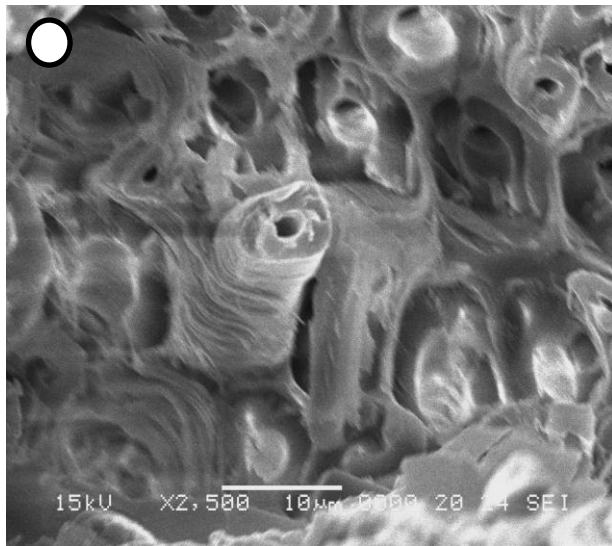
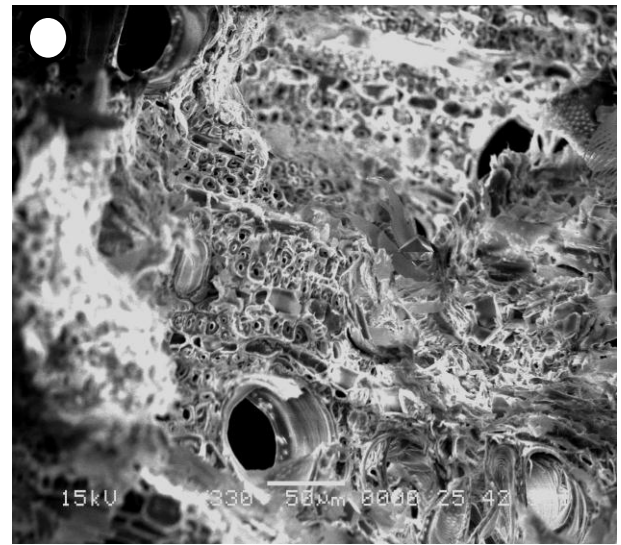
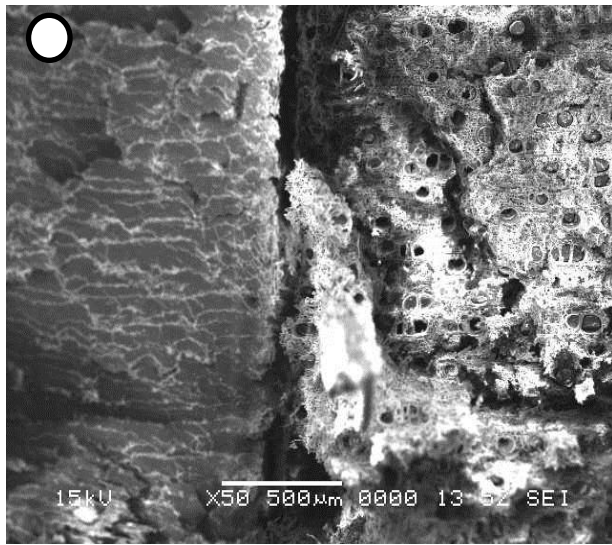


Figura 13. *Erythroxylum rotundifolium*. Prueba de impacto. Se observa que la madera fue cortada por el impacto (a). Todo el tejido presenta un cizallamiento sin embargo los poros conservan su diámetro (b). Las fibras se desprenden y se observa el impacto en las paredes celulares y el desprendimiento del material cementante (c y d).

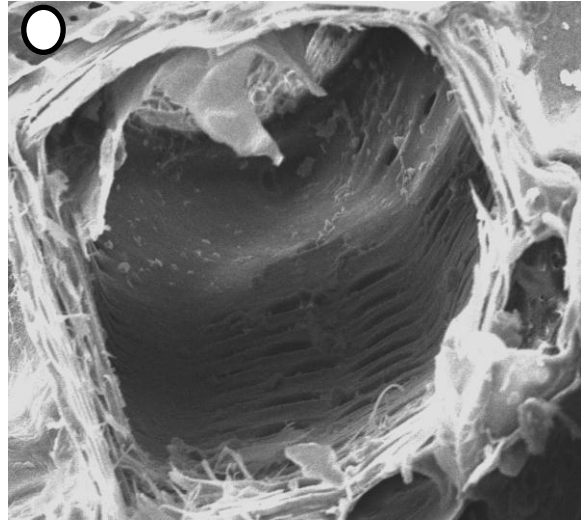
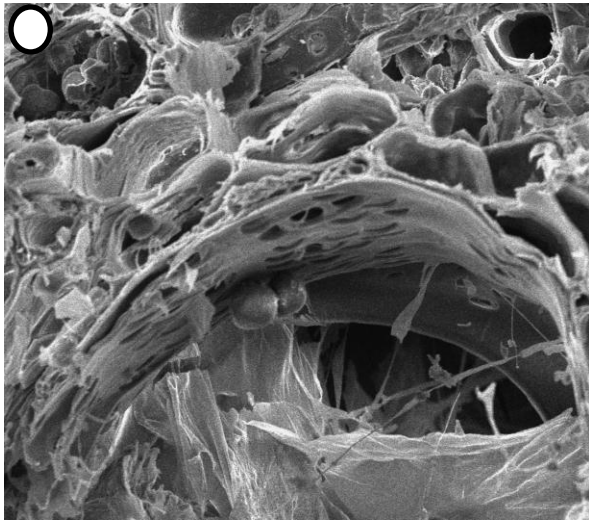
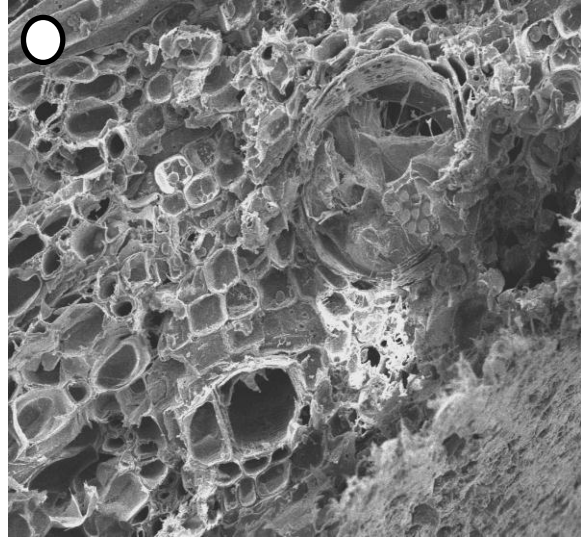
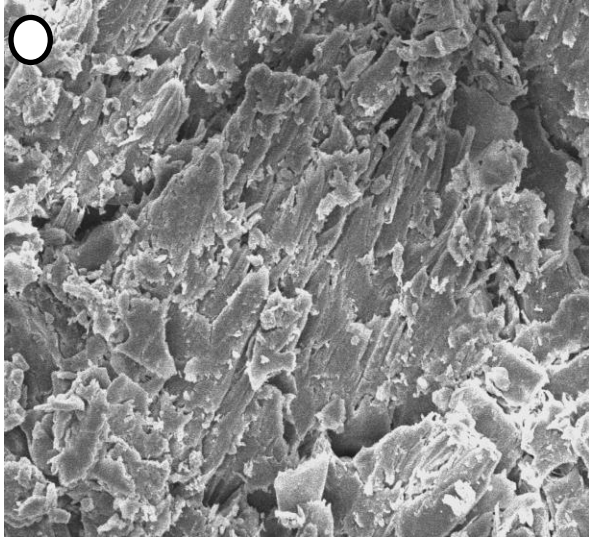


Figura 14. *Hampea trilobata*. Prueba de flexión. Se observa la deformación del tejido (a). Hay abundancia del parénquima axial (b), y los poros presentan deformación en sus paredes y en el diámetro (c y d).

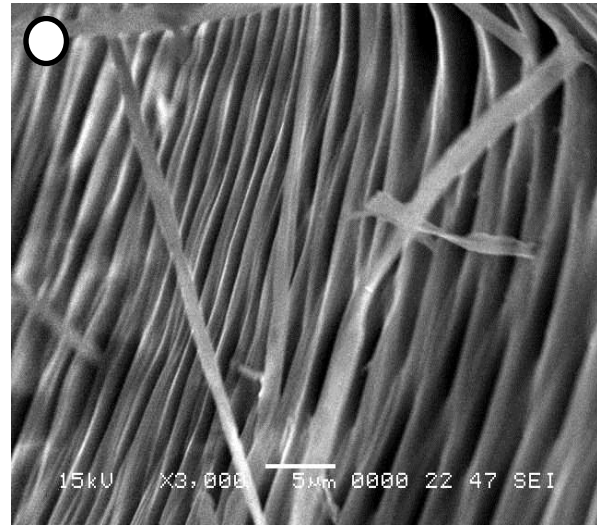
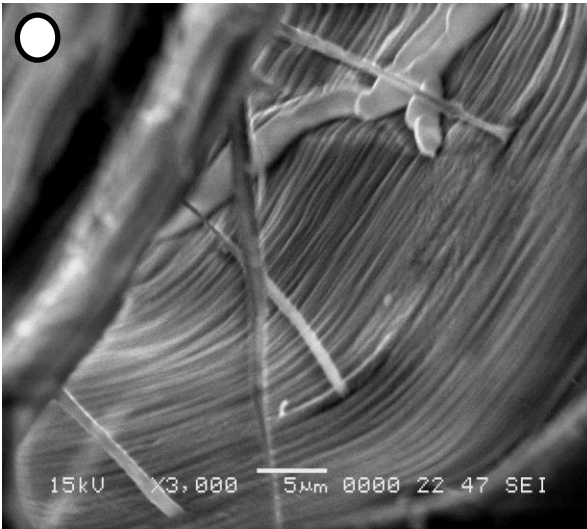
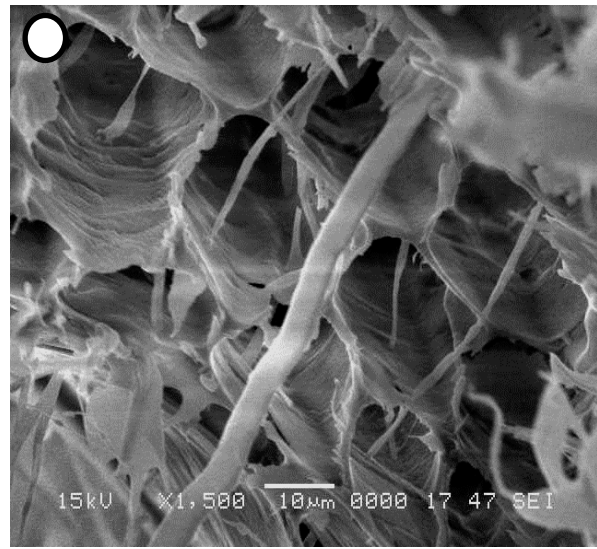
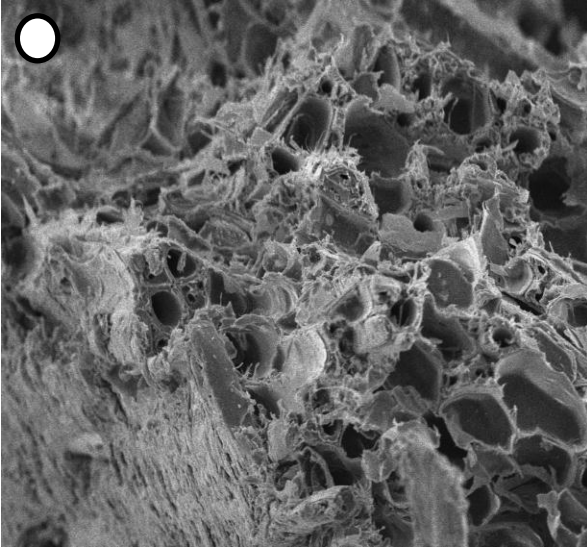


Figura 15. *Hampea trilobata*. Prueba de tensión. Se observa el debilitamiento de las paredes del parénquima (a y b). En las fibras se observa el proceso de debilitamiento en sus paredes y las orientación y separación de las macrofibrillas (c y d).

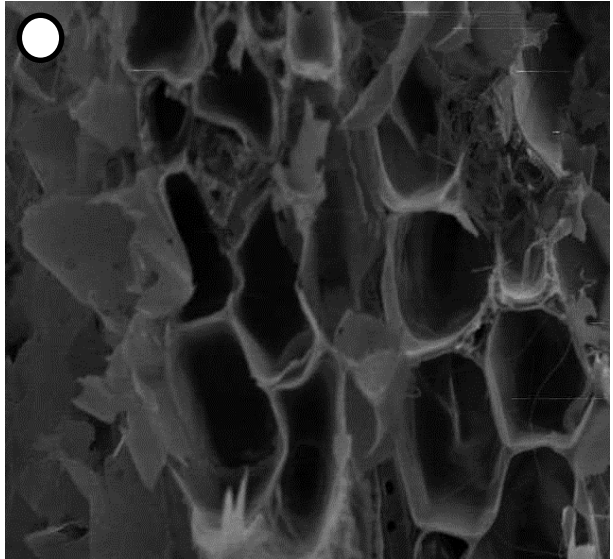
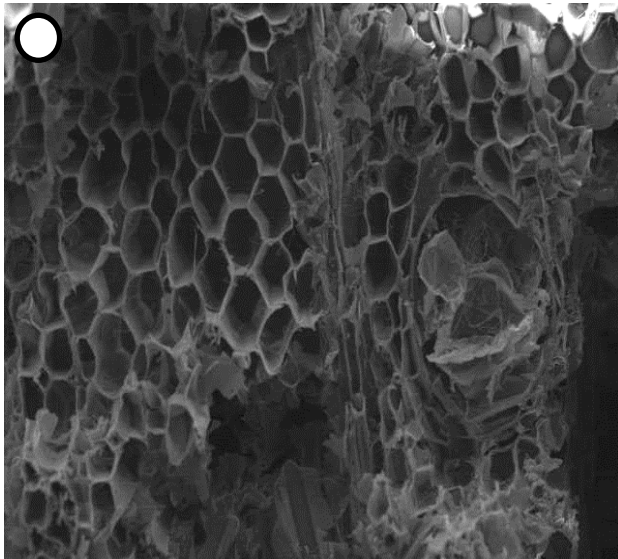
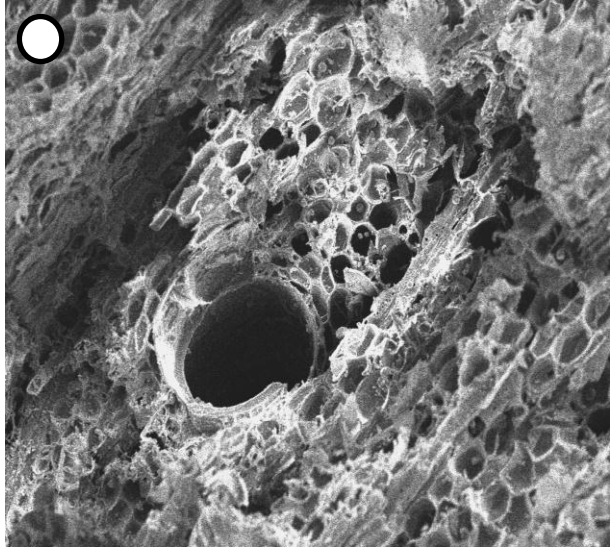
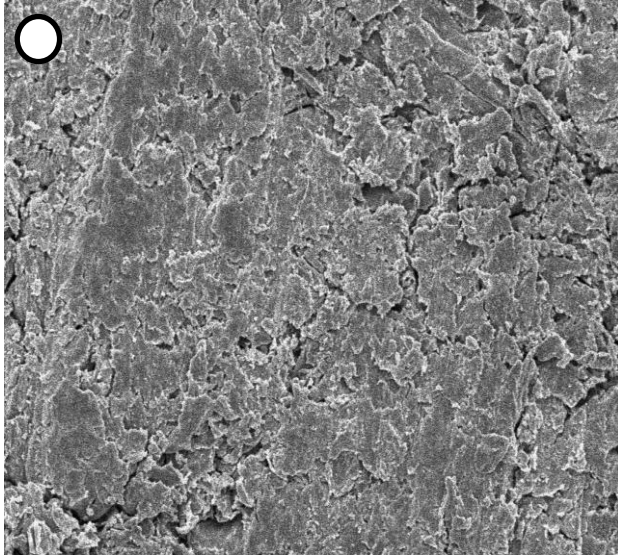


Figura 16. *Hampea trilobata*. Prueba de impacto. La madera se observa colapsada (a). Los poros mantienen su forma y diámetro (b). Se observa abundancia del parénquima, y en sus paredes celulares una deformación (c y d).

Cuadro 1. Valores del peso específico de las veinte especies estudiadas.

Especie	Peso seco	Peso verde	Peso específico
<i>Acacia gaumeri</i>	5.3	7.5	0.71
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	5.5	6.8	0.81
<i>Caesalpinia mollis</i>	5.3	6.7	0.79
<i>Coccoloba acapulcensis</i>	15.63	17	0.92
<i>Coccoloba cozumelensis</i>	14.9	15.66	0.80
<i>Coccoloba spicata</i>	13.2	15.23	0.87
<i>Diphysa carthagenensis</i>	4.5	4.9	0.92
<i>Erythroxylum rotundifolium</i>	1.8	1.8	0.82
<i>Eugenia capulí</i>	12.56	13.93	0.90
<i>Eugenia mayana</i>	13.68	16.94	0.81
<i>Gliricidia sepium</i>	13.56	17.56	0.77
<i>Hampea trilobata</i>	1.2	2.1	0.57
<i>Krugiodendron ferreum</i>	3.9	4.7	0.83
<i>Leucaena leucocephala</i>	4.5	5.7	0.79
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	4.5	7.1	0.63
<i>Myrcianthes fragans</i> var. <i>fragans</i>	15.83	18.26	0.87
<i>Pimenta dioica</i>	4	4.8	0.83
<i>Protium schippii</i>	1.4	2.4	0.58
<i>Psidium sartorianum</i>	13.7	16.66	0.82
<i>Senna racemosa</i>	4.4	5.1	0.86

Cuadro 2. Pruebas a tensión (A) y flexión (B) de la madera de *Erythroxylum rotundifolium*.

A

Espesor de la madera	Esfuerzo a tensión (MPa)	Módulo elástico a tensión (MPa)	Deformación a tensión (%)
0.4	183.62 ± 29.48	11730.83 ± 660.59	2.27 ± 0.36
0.6	224.50 ± 20.45	11010.96 ± 513.27	2.88 ± 0.22
0.8	257.57 ± 14.31	13474.96 ± 837.14	4.36 ± 0.71
1.0	237.47 ± 26.76	13148.86 ± 779.66	4.75 ± 1.02

B

Espesor de la madera	Esfuerzo a tensión (MPa)	Módulo elástico a tensión (MPa)	Deformación a tensión (%)
0.4	151.14 ± 14.01	13174.28 ± 1610.70	1.77 ± 0.11
0.6	185.97 ± 12.81	13018.87 ± 684.43	2.04 ± 0.13
0.8	195.95 ± 3.91	14811.71 ± 230.30	1.83 ± 0.36
1.0	149.90 ± 36.63	9064.84 ± 1596.90	1.53 ± 0.57

Cuadro 3. Pruebas a tensión (A) y flexión (B) de la madera de *Hampea trilobata*.

A

Espesor de la madera	Esfuerzo a tensión (MPa)	Módulo elástico a tensión (MPa)	Deformación a tensión (%)
0.4	17.03 ± 1.85	1962.56 ± 401.86	1.08 ± 0.29
0.6	18.14 ± 1.81	16.71.81 ± 324.28	1.23 ± 0.13
0.8	24.45 ± 4.10	2206.02 ± 130.62	1.33 ± 0.24
1.0	13.31 ± 1.27	1413.15 ± 173.01	1.52 ± 0.47

B

Espesor de la madera	Esfuerzo a tensión (MPa)	Módulo elástico a tensión (MPa)	Deformación a tensión (%)
0.4	26.12 ± 3.11	3040.81 ± 513.59	1.89 ± 0.52
0.6	39.11 ± 5.50	3061.76 ± 214.09	2.07 ± 0.15
0.8	38.55 ± 6.45	3107.29 ± 477.01	2.29 ± 0.27
1.0	35.89 ± 5.68	3256.40 ± 389.75	2.35 ± 0.36

Cuadro 4. Resultados de las pruebas mecánicas de impacto.

Especie	Energía absorbida (Nm)	Resistencia al impacto (Kgf)
<i>Erythroxylum rotundifolium</i>		
“ik´che”	1.161 \pm 0.520	38.4 \pm 17.5
<i>Hampea trilobata</i>		
“xcanhol”	0.310 \pm 0.072	10.5 \pm 2.6

CAPÍTULO IV

USOS TRADICIONALES DE LA MADERA

RESUMEN

Son varios los usos tradicionales que en la Península de Yucatán tiene la madera de las veinte especies estudiadas: para obtención de tablas, mangos de herramientas, remos, cercas, partes de carretas, en la manufactura de muebles, puertas, marcos de ventanas y de artesanías. Los usos más frecuentes y de importancia económica encontrados en los municipios de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo y en Oxkutzkab, Yucatán, son los que tiene la madera para ser destinada en la construcción de la casa habitación maya, en la elaboración de durmientes, para leña y carbón. Para obtener ésta la información se hicieron entrevistas con informantes mayas e investigación de la literatura. Los resultados presentan un adecuado conocimiento empírico de las propiedades de la madera, en el caso de la construcción de la casa habitación, actualmente se sigue el mismo patrón de construcción y se continúan utilizando las mismas especies maderables que tradicionalmente han sido seleccionadas como estructuras en todas las partes que conforman la casa. En el caso de la elaboración del durmiente las propiedades de resistencia de la madera han respondido a las especificaciones técnicas de los compradores, lo cual dio como resultado una importante actividad económica para los ejidatarios dedicados a ésta actividad. Para el uso como combustible, tienen perfectamente ubicadas las especies más adecuadas, las que no producen humo, que tienen un alto valor energético y por consiguiente son más durables en el tiempo que se requiere para la cocción de sus alimentos ó para calentar diversos productos.

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos ancestrales el uso de los recursos naturales ha sido muy variado en la Península de Yucatán, según varios autores sus habitantes han logrado un sabio manejo de los recursos naturales para satisfacer sus necesidades, desarrollado la agricultura, varias técnicas de domesticación de plantas así como una silvicultura tropical, en la que se supone crearon áreas de selva artificiales con especies de mucha utilidad, razón que explica por ejemplo, la abundancia en las selvas de la península de la “caoba” (*Swietenia machrophylla* (King), el “chicozapote” (*Manilkara zapota* (L.) v. Royen) el “ramón” (*Brosimum alicastrum* Sw.) (Barrera *et al.*, 1977, Gómez-Pompa *et al.*, 1986, Sanabria 1986; Flores 1987, Rico-Gray *et al.*, 1985, Sánchez-González 1993, Terán y Rasmussen 1994); esta relación que han mantenido con la naturaleza los diferentes grupos indígenas de nuestro país, manifiesta un profundo conocimiento de ella con formas adecuadas para relacionarse con su medio ambiente y apropiarse de los recursos, que ha dado como resultado su adecuado uso y conservación (Jiménez-Osornio *et al.*, 2003). La madera de las veinte especies estudiadas tiene diversos usos tradicionales reportados en las localidades de colecta (Sanabria 1986, Terán y Rasmussen 1994, Rebollar y Quintanar 2000a, b). Por sus cualidades los campesinos mayas han caracterizado empíricamente a la mayoría de ellas, como maderas pesadas

y duras por lo que son destinadas a la elaboración de artículos que requieren alta resistencia mecánica y al biodeterioro.

El uso de la madera más frecuente reportado para todas las especies estudiadas coincide básicamente en la construcción rural, como partes importantes en las estructuras de la casa habitación maya, en columnas, vigas y los diversos soportes; es frecuente también su uso en la elaboración de durmientes, leña, carbón, tablonés, mangos de herramientas, postes para cercas, remos, muebles, artesanías (Fig. 1).

MATERIAL Y MÉTODOS

Los usos tradicionales se investigaron en cada localidad de colecta con la ayuda de informantes mayas y se complementaron con investigación de la literatura: Sanabria (1986), Flores (1987), Terán y Rassmussen (1994), Orellana *et al.*, (2001, 2007). Para obtener ésta información se siguieron las consideraciones de Berlín (1992) y la metodología de Alexiades y Wood (1996) con el uso de entrevistas uniestructuradas, realizadas 25 en Quintana Roo y 5 en Xul, Yucatán. Los nombres comunes se tomaron de la designación que los informantes mayas les dan a las especies y su escritura de acuerdo con Barrera *et al.*, (1976), Sosa *et al.*, (1985), Arellano *et al.*, (2003). Se presentan datos de los usos más frecuentes: construcción rural, elaboración de durmientes, leña y carbón.

Construcción de la casa habitación maya. Los nombres mayas usados para las diferentes partes estructurales de la casa habitación y su función como estructuras mecánicas, se tomaron de Villers (1978) y Villers *et al.*, (1981). Para entender el comportamiento mecánico en las estructuras clave (columnas y vigas) de la casa maya se seleccionaron cuatro de las especies estudiadas: dos de la familia Leguminosae: *Caesalpinia gaumeri* y *Caesalpinia mollis* y dos de la familia Polygonaceae: *Coccoloba acapulcensis* y *Coccoloba cozumelensis*, que son comúnmente utilizadas en las áreas de colecta para la construcción de la casa habitación.

Durmientes. Para evaluar los procesos de producción y comercialización del durmiente que se han presentado en la última década en la Zona Maya de Quintana Roo, se seleccionaron los ejidos de Chan Santa Cruz, Chunhuas y X-maben, tres de los 24 ejidos que pertenecen a la Organización de Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya. Sociedad Civil (OEPFZM S. C.) que son representativos de ésta actividad en los diferentes niveles de producción. Los ejidatarios dedicados a la actividad durmientera que estuvieron disponibles para las entrevistas en estos ejidos, fueron un total de 30, de los cuales fueron elegidos 10 al azar. Por último, se realizaron entrevistas personales con directivos de la Organización. Se presentan las características del durmiente elaborado en los ejidos de la Zona Maya, el proceso de elaboración, la lista de las especies de maderas utilizadas y los resultados de las preguntas realizadas.

Leña y carbón. En el caso de las especies utilizadas como combustible, se trabajó en el municipio de Felipe Carrillo Puerto con tres ejidatarios con una edad de más de 60 años que participaron en actividades como la extracción del chicle, del durmiente, madera en rollo y que además participaron como comisarios ejidales ó en las comisiones de las asambleas ejidales durante varias décadas, por lo que conocen las especies que componen las selvas de las comunidades, donde son herederos de

familias que han vivido con actividades forestales en el municipio desde hace más de 90 años.

RESULTADOS

Uso de la madera en construcción de la casa habitación maya y su comportamiento mecánico. En las localidades de colecta se sigue empleando el modelo adquirido por un conocimiento tradicional, con la selección de especies que vegetan en su entorno, que son accesibles y que responden a soportar los efectos ambientales como el viento, lluvia, a la pudrición o el mismo peso de la casa. Las veinte especies estudiadas intervienen en diferentes componentes de la estructura y son seleccionadas de acuerdo a la función que soportan. En el caso de las cuatro especies analizadas, sus propiedades responden a una alta resistencia mecánica en las principales estructuras: postes, vigas, horcones, travesaños y soportes laterales (Fig. 2, Cuadro 1).

Caesalpinia mollis se utiliza en las columnas principales denominadas “okom” (1) su función es soportar todo el peso de la construcción, están sometidas a cargas de compresión. Sin embargo, en el caso de la presencia de vientos, ya sea los dominantes en la región o vientos huracanados, la presión resultante sobre las paredes se traducirá en cargas laterales que producirán flexión en estas columnas, por lo tanto, se puede decir que estas partes de la estructura están sometidas a cargas combinadas de compresión y flexión. Cabe mencionar que dependiendo de la dirección de los vientos mencionados, entonces así será la orientación de los planos de flexión. Por otra parte, la simetría axial de la sección transversal, casi circular de las mismas, hace que la construcción no tenga problemas adicionales porque su resistencia es la misma en los distintos planos.

En el caso de fuerzas axiales de compresión, la columna únicamente resistirá esfuerzos axiales en la misma dirección. Sin embargo, en el caso de la presencia de cargas laterales también se producirán esfuerzos de flexión de las columnas. Es conveniente mencionar que una carga de flexión resulta en esfuerzos de tensión en una porción de la sección transversal y en esfuerzos de compresión en la otra porción. El resultado neto de los esfuerzos en la sección transversal es una cancelación de los mismos en la sección donde los signos son opuestos (tensión y compresión) y una superposición aditiva donde los signos de los esfuerzos es el mismo (compresión) (Fig. 4a, b, c).

Caesalpinia mollis, *Coccoloba acapulcensis* y *Coccoloba cozumelensis* intervienen en la función del “balo” que son dos vigas horizontales que completa el marco rígido junto con las dos columnas (okom) sobre las que está apoyada.

Coccoloba acapulcensis interviene en la función del taanché (7), que es también la de una viga y junto con las partes (1) y (2) completan una estructura tridimensional rígida.

En el uso típico de las casas mayas, estas partes (1, 2 y 7) también soportan el peso de las hamacas y representan cargas aplicadas que producen esfuerzos de flexión. Como se mencionó anteriormente, la flexión resulta en esfuerzos de tensión y compresión en la sección transversal de la viga (Fig.4d).

Caesalpinia gaumeri, *Coccoloba acapulcensis* y *Coccoloba cozumelensis* se usan en las partes: tiserá (6) y winkiche' (11) cuya función es la de una viga sometida a cargas

combinadas de flexión y de compresión. Las partes alca' ch'o (8) *Coccoloba acapulcensis*, proveen a la estructura de estabilidad dimensional, esto es de rigidez, (especialmente para resistir cargas laterales. Las partes kulub, (3) y kaloche' (4) *Caesalpinia mollis* y kolokche' (5) *Caesalpinia gaumeri* y *Coccoloba acapulcensis* le proveen de rigidez a las paredes de la casa. Estrictamente, el peso de las paredes es soportado por la cimentación y estas partes (3, 4 y 5) le proveerán de soporte lateral. Los esfuerzos en este caso serán de flexión ocasionados por cargas de empuje como las producidas por los vientos (Fig. 3c).

Uso de la madera en la elaboración de durmientes. La actividad forestal en Quintana Roo antes de los años 60 fue esencialmente para la explotación de maderas preciosas y el chicle; la producción de durmientes se remonta a la década de los setenta, teniendo como único comprador a Ferrocarriles Nacionales de México, empresa paraestatal, con una demanda de piezas de hasta 800 000, por año. Para la comercialización se crearon las Uniones de Ejidos, estableciéndose cuatro en el Estado y en la Zona Maya dos: la Unión de Ejidos Emiliano Zapata y la Unión de Ejidos Jacinto Canek. De 1971-1975 el Fondo Nacional de Fomento Ejidal FONAFE dota a varios ejidos (12) de la Zona Maya de aserraderos y maquinaria de extracción forestal para la elaboración de durmientes, sólo que el programa no generó los resultados esperados, principalmente por los altos costos de aserrío y arrastre de la madera que no cubrían los bajos precios que siempre se pagaron por el producto (Santos *et al.*, 1998).

La situación de la actividad de los durmientes en estos años era crítica, y por lo tanto, alarmante, debido a su desorganizada producción, comercialización y además porque para la elaboración del durmiente se incluían algunas especies de alto valor comercial como es el "siricote" (*Cordia dodecandra* A. D.C.) y el "granadillo" (*Platymiscium yucatanum* Standl.) lo que demostraba que no se hacía buen uso del recurso forestal. Además de estas especies, se labraban otras consideradas como decorativas, útiles en chapa para triplay, tales como el "jabín" (*Piscidia discípula* (L.) Sarg., "chechem" (*Metopium brownei* (Jacq.) Urban, "chacá rojo" (*Bursera simaruba* (L.) Sarg., "chactecok" (*Cosmoclix spectabilis* Standl.) y "chacte-viga" (*Caesalpinia mollis* Spreng.) (Santos 1997, Santos *et al.*, 1998, May-Euan 1999).

Hasta antes de 1986, los ejidos sufrían una serie de conflictos dentro de la Unión, lo que traía como resultado desinformación y atraso de hasta cuatro meses en los pagos a los labradores, el hecho propiciaba, a su vez, el alto intermediarismo característico, pero con la presencia del Plan Piloto Forestal de la Zona Maya, se gestionó la comercialización directa de sus durmientes para así obtener el mayor beneficio; este proceso de autogestión no fue nada fácil y marcó una etapa determinante en la desintegración de las Uniones Ejidales por lo que se promueve la Organización independiente de los ejidatarios constituyéndose en sociedades civiles, una en el centro en la Zona Maya, la Organización de Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya S. C. (OEPFZM S. C.) y otra en el Sur del estado de Quintana Roo (Santos *et al.*, 1998, May-Euan 1999).

Características del durmiente. El término de durmiente se le da a la pieza de madera que se usa para sostener las vías del ferrocarril. Las piezas elaboradas tienen forma rectangular alargada, las medidas especificadas estándar son: siete pulgadas de grueso, ocho pulgadas de ancho y ocho pies de largo. Aunque ferrocarriles demandaba también la elaboración de durmientes más pequeños en muy baja escala los cuales sólo eran utilizados en los cambios de vía.

Las características principales de los durmientes son el peso específico, generalmente alto, por lo que cada durmiente pesa en promedio unos 120 kgs, tiene una gran resistencia a la humedad, gran absorción del impacto provocado por el peso y la vibración del ferrocarril y tiene una gran capacidad de absorción al ruido por lo que son preferidos al durmiente de concreto Echenique-Manrique y del Amo (1976).

Proceso de elaboración. La selección de los árboles que se han utilizado para elaborar el durmiente, se ha hecho con base en las especies que son aceptadas por el comprador; tomándose en cuenta la ubicación del árbol en cuanto a la lejanía o cercanía de las vías de acceso, el diámetro del árbol (30-35 cm) para que el labrador no tenga la necesidad de cortar mucha madera para cuadrarlo a las medidas necesarias. La tumba de árbol se hace generalmente con hacha a una altura de 30-50 cm del tocón y se labran exclusivamente los individuos de fuste recto, bien formados, sanos y de diámetro apenas suficiente para que tenga el ancho y el grosor (Lám. I).

La medición de las piezas de durmientes obtenidas por cada árbol se hace tratando de encuadrar las medidas deseadas en el árbol que se ha cortado, para eso, los campesinos usan una sogá que remojan en aceite quemado para marcar en la madera las medidas del durmiente, para cortarlas y posteriormente labrarlas con el hacha, guiándose con las marcas realizadas previamente se labra el durmiente hasta dejarlo a las medidas determinadas. El tiempo que se tarda en elaborar un durmiente no es fijo y depende de varios factores: entre los principales destaca la habilidad del labrador, e influye, el diámetro y la especie del árbol, ya que la dureza de las especies varía entre unas y otra, en general el promedio, por labrador es de dos a ocho durmientes por día en una jornada de 6 a 8 horas (Lám. II).

De las encuestas realizadas con durmienteros de los ejidos Chan Santa Cruz, Chunhuas y X-Maben (Cuadro 2) se entiende que todos participan en la actividad del durmiente. La temporada en que se ha realizado es en los meses de: mayo, junio y julio, a veces en parte de noviembre, haciendo aproximadamente de 2-3 piezas por día y dependiendo de las características del árbol, pueden obtener de 2-4 durmientes. La ubicación de los árboles la seleccionan entre aproximadamente 6-7 y hasta 14 km. de distancia desde el centro de cada ejido.

La forma de trabajar el durmiente es individual, pocos lo hacen en equipo y las especies más usadas son: el "jabín" (*Piscidia comunis*) "chacte-viga" (*Caesalpinia mollis*) y "boob" (*Coccoloba cozumelensis*), las que no utilizan son las que tienen prohibido su corte como el "siricote" (*Cordia dodecandra*), el "granadillo" (*Platimiscium yucatanum*) (Cuadro 3). La venta la realizaban en forma directa cada año y también cuando eventualmente había compradores.

Son varias las especies que han trabajado los ejidos para la obtención del durmiente; de las especies estudiadas destinadas para este uso se reportaron 10.

En 1997 fue el último año que se tuvo órdenes de compra de durmientes por parte de Ferrocarriles y a partir de 1998 no se comercializó ningún durmiente debido a que, con la privatización de Ferrocarriles de México, se dejó de comprar durmientes a los ejidos por los ajustes de esta empresa así como por la gran importación de durmientes de pino de estados Unidos y Canadá, los cuales resultaron más baratos. Es importante mencionar también que hubo varios factores limitantes que se tuvieron para no proveer en su totalidad las órdenes de compra del durmiente para la empresa de Ferrocarriles, tanto burocráticos por parte de las autoridades forestales y otros naturales como fue la presencia de huracanes e incendios.

Actualmente en la OEPFZM S.C. se sigue solicitando el durmiente por diversas empresas privadas que requieren otro tipo de especificaciones como: las medidas de la madera labrada, condiciones irregulares en la entrega del producto y en la compra, como el bajo precio, situación que a los ejidatarios no les ha convenido (Santos 2009).

Uso de la madera para leña y carbón. El caso de la madera utilizada como combustible ocupa un alto porcentaje en la frecuencia de usos tradicionales y es que la Península de Yucatán, ha tenido un arraigado uso tradicional que refleja un conocimiento en el aprovechamiento selectivo de las especies, particularmente de la vegetación secundaria (Sanabria 1986, Sánchez-González 1993, Terán y Rasmussen 1994, Quiróz *et al.* 2009).

Leña. El uso de la madera como leña es doméstico, básicamente proviene de ramas secas raíces y arbustos secos, ó de árboles tirados en el monte por causa de algún aprovechamiento o por vientos fuertes de ciclones y huracanes, aunque al principal abastecimiento se tiene del solar y la milpa aledañas a la casa, por lo que su uso no implica un deterioro en la vegetación del monte. En la recolección participan también niños y las mujeres quienes les han conferido empíricamente altas cualidades de contenido calórico y poca producción de humo. De las especies estudiadas las que han sido preferidas por sus cualidades *Caesalpinia gaumeri*, *Caesalpinia mollis*, *Coccoloba acapulcensis*, *Coccoloba cozumelensis*, *Diphysa carthagenensis*, *Gliricidia sepium*, *Krugiodendron ferreum*, *Lysiloma latisiliquum*, *Myrcianthes fragrans var. fragrans* y *Psidium sartorianum*.

Carbón. Esta actividad se realizó utilizando hornos de tierra y con una inversión mínima, ya que se utilizan herramientas básicas como hachas, palas, rastrillos, carretillas y costales para almacenarlo; la mano de obra generalmente es con participación de los miembros de la familia, lo cual generó beneficios que complementaron su economía. Las especies más utilizadas son: *Caesalpinia gaumeri*, *Caesalpinia mollis*, *Coccoloba cozumelensis*, *Coccoloba spicata*. En general mencionan como buenas maderas para obtener leña y carbón a las especies que tienen buena cantidad de duramen, “el corazón”.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Casa habitación maya. En la Península de Yucatán es interesante la selección de las especies que se utilizan para cada una de las partes estructurales pudiéndose mencionar las que consideran como duras y pesadas que utilizan como estructuras clave para la construcción del esqueleto de la casa maya (okom, balo, tiseras, ho´lnache´) que soportan cargas externas de flexión, tensión, compresión e impacto responden a fenómenos ambientales como el efecto de ciclones y huracanes, radiaciones solares y los altos contenidos de humedad del ambiente (Fig. 2).

La selección de la madera de las especies estudiadas como estructuras en la construcción de la casa maya se debe a que se comporta en el sentido axial con rigidez y resistencia mecánica, factores que son notoriamente mayores en la dirección axial, lo cual se entiende por el sentido longitudinal que tienen sus elementos celulares más largos, como son los vasos y las fibras. Características como la presencia del hilo recto favorece la resistencia al impacto y en las especies con hilo entrecruzado, se presenta una alta resistencia mecánica a la flexión, compresión y extracción de clavos, factores

que son ideales para usarse como estructuras (columnas, vigas), en durmientes, puentes y otros usos. De la Paz Pérez-O. y Carmona (1979) (Cuadro 1).

La presencia de fibras de longitud mediana con paredes celulares gruesas, rayos de longitud corta y poros numerosos y pequeños, dan como resultado una estructura compacta, con valores altos del peso específico de 0.71 a 0.79. De las cuatro especies estudiadas, la madera de *Caesalpinia mollis* es la que se usa más frecuentemente para las estructuras que soportan las cargas más fuertes como son el okom, balo, kulub y kaloche' resultante de su mayor valor del peso específico de 0.79.

Para el caso de las especies que los mayas consideran pesadas pero más flexibles, las destinan como recubrimiento y para darle forma a la casa, como es el caso del winkiche' (Fig. 2).

Por otra parte la mayoría de las especies preferidas para la construcción de la casa se encuentran bien representadas en la vegetación circundante de las localidades de colecta, lo cual implica la permanencia a la existencia de estos recursos en respuesta a sus necesidades.

La madera como elemento estructural en la construcción de casa habitación es muy utilizada en diversos países particularmente del extranjero; en el caso de México sus aplicaciones son de forma rudimentaria, como madera en rollo o madera rolliza y es común en varias regiones de nuestro país en la construcción tradicional de la casa habitación como es el caso de la Península de Yucatán. La madera ofrece ventajas importantes para la construcción de casas habitación, que favorecen por ejemplo que la cimentación sea más sencilla y económica que las viviendas construidas con otros materiales; su comportamiento favorece el efecto de los sismos, reduce el costo del transporte de los materiales y componentes. La construcción de viviendas de madera es sencilla y rápida y no se requiere de equipos costosos para su construcción, es un excelente aislante y muy durable. Sin embargo en México el uso de la madera en construcción no es importante, ya que la construcción con madera representa únicamente el 1% del total de la construcción de viviendas en México, aunque estudios recientes demuestran que se pueden hacer mejoras en el uso de la madera si se conoce el comportamiento de la madera de las estructuras usadas en construcción Echenique-Manrique y Robles (1993), Dávalos (1996).

Durmientes. Es del conocimiento de la población quintanarroense y especialmente en el centro del Estado, la importancia económica y social que ha representado la producción de durmientes para los campesinos (1988-1997) considerando además que en la Zona Maya las principales actividades productivas tienen que ver con el campo y los recursos naturales, especialmente los forestales, porque ocupan a una gran cantidad de la población.

Aunque el uso de la madera para la elaboración de durmientes prevaleció durante varias décadas como una actividad forestal principal en varios de los ejidos de Quintana Roo y un factor importante en su economía, ya que las especies usadas son abundantes en sus selvas y, a pesar de la crisis de compradores de éste producto, el durmiente labrado con hacha o motosierra se sigue elaborando cuando se solicita eventualmente por diversos tipos de empresas, pero utilizando solamente especies que ellos consideran que no van a afectar su monte, que no repercutan en afectar el valor agregado que puedan tener y, que si tengan las especificaciones que determina este producto (Lám. II).

Por ésta razón la extracción del durmiente se convirtió en importante fuente de ingresos como alternativa y complementaria de la actividad agrícola, que favoreció el uso y variedad de especies de la selva, por lo que se sigue considerando como una fuente generadora de ingresos y se justifica su permanencia en contra del desmonte para fines agrícolas y ganaderos que actualmente sólo generan productos de subsistencia para la población (Santos *et al.*, 1998, May-Euan 1999).

También es importante mencionar que en ésta actividad, el producto sobrante de madera, que pudiera considerarse como desperdicio que queda en el monte y que junto con otros árboles caídos por el efecto de ciclones y huracanes, son utilizados para la elaboración de artesanías como: recipientes domésticos, mesas, sillas, floreros, plumas, figuras decorativas, entre otros, lo que ha generado una ocupación importante, particularmente para gente joven con vocación artesanal y que ha sido apoyada con capacitación técnica y, a nivel de propuestas de apoyo, se han generado ingresos para la compra de equipo de carpintería, se ha conseguido maquinaria adecuada para trabajar las maderas duras, lo que ha permitido elaborar interesantes productos a pesar de sus pequeñas e irregulares dimensiones, como plumas y figuras decorativas (Lám. III).

En un estudio sobre el impacto de los árboles extraídos en relación con las reservas, en uno de los ejidos de la OEPFZM S. C., que han tenido la asistencia técnica y la capacitación en la administración de su monte, se concluye que el producto de la extracción de la madera no afecta su ecología, ya que se producen aclareos que favorecen una regeneración natural de especies heliofitas como la caoba; a nivel económico favoreció la economía de las familias (Taylor 1999).

Leña y el carbón. Las especies maderables que forman parte de la biomasa forestal son capaces de acumular cierta cantidad de energía debido a que poseen gran cantidad de carbohidratos como la celulosa, hemicelulosa y lignina que se comportan como reservorios de energía (Olguín 1994).

Las especies estudiadas que tienen un alto valor de su peso específico, lo cual se traduce por la estructura anatómica, principalmente la presencia de sus paredes celulares con celulosa, hemicelulosa y lignina, reflejan un alto contenido energético, por lo cual son apreciadas para la obtención tanto de leña como de carbón. Según sus cualidades de eficiencia energética, es decir, que tengan larga duración, que no produzcan humo y además den buen sabor a los alimentos en las localidades trabajadas mencionaron como sus preferidas a: *Acacia gaumeri*, *Caesalpinia gaumeri*, *Caesalpinia mollis*, *Coccoloba spicata* y *Lysiloma latisiliquum* que coinciden para las mismas especies en el estado de Yucatán Sanabria (1986), Sánchez-González (1993), Quiróz *et al.*, (2009).

El uso de la leña y carbón en la Península de Yucatán, es un proceso que está ligado al sistema de roza-tumba-quema, para el aprovechamiento agrícola del suelo (Sanabria 1986, Sánchez-González 1993, Quiróz *et al.*, 2009). En Quintana Roo y Yucatán su uso es básicamente doméstico y de autoconsumo, la cantidad que utiliza cada familia depende del número de personas que la componen y el número de comidas elaboradas durante el día. La recolección de la madera se obtiene de ramas caídas de los árboles ó ramas secas en pie, de tocones y árboles caídos y abandonados en el monte, principalmente durante el período de tumba en el monte y se intensifica después de la quema aprovechando principalmente los tocones y restos de árboles. La venta de leña y carbón no es una actividad frecuente y solo se llega a

vender en algunas temporadas, solamente con el producto sobrante del que ellos necesitan para cubrir todas sus necesidades, por lo que no ha llegado a ser un proceso de comercialización formal.

Por otra parte, aunque el aprovechamiento de la biomasa leñosa ha sido considerado como una de las causas de la deforestación, esto ocurre cuando la extracción y consumo supera la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, como en los casos de extracción comercial; en el caso del consumo doméstico se estima que los combustibles derivados de la biomasa son una fuente de energía renovable, se encuentran disponibles localmente y son amigables con el ambiente si se producen y usan racionalmente (Quiroz *et al.*, 2009). En el caso de la leña y carbón su estudio requiere atención especial, que aporte más elementos pues es un tema muy amplio e importante, no solo a nivel nacional sino mundial y que forma parte ya de proyectos de trabajo de la OEPFZM S. C. (Santos 2006).

En el análisis de ésta problemática ambiental, también se han considerado a la leña y carbón como las principales fuentes de energía para muchos países del mundo, especialmente para la población rural, debido a su disponibilidad y bajo costo. Para 1980 su consumo en América Latina y África fue del 90%, en Asia del 65%, en Rusia del 10% y en Norteamérica del 10%, efecto que ha incidido en las tasas de deforestación; en el caso de México el consumo de leña representa el 43 % del consumo total nacional *per capita* de la energía consumida en el país y según las estimaciones de la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, esto implica la utilización de 15.69 millones de toneladas anuales para una población de 30 millones de habitantes (Sánchez-González 1993).

En 1990, el censo que registró el INEGI fue de 3.3 millones de viviendas en las cuales se consumía leña ó carbón vegetal como combustible, actualmente ha aumentado el consumo global de éstos energéticos debido al aumento de población, aunque no se cuenta con información de la producción de leña y carbón por comunidad, ejido o pequeña propiedad ya que los datos que se reportan en muchas ocasiones corresponde a permisos autorizados para fines comerciales, aunque eventualmente pueda darse un uso doméstico (Tripp y Arriaga 2001).

Por esto se hace necesario crear estrategias para la conservación del recurso forestal con un adecuado aprovechamiento, lo que implica una serie de acciones de tipo interdisciplinario como la creación de programas de reforestación, mejorar las tecnologías tradicionales para obtener energía de la biomasa forestal (Olguín 1994).

REFERENCIAS

- Alexiades, M. N. and J. Wood Sheldon. 1996. Selected Guidelines for Ethnobotanical Research. A Field Manual. Scientific Publications Department. The New York Botanical Garden. New York. USA 306 p.
- Arellano, J., S. Flores, J. Tun y M. Cruz. 2003. Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales de la Península de Yucatán. Etnoflora Yucatanense. Fascículo 20. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAY. 815 p.
- Barrera, A. M., A. Barrera y R. M. López. 1976. Nomenclatura Etnobotánica Maya. Una interpretación taxonómica. INAH-SEP. Centro Regional del Sureste. 36. Colección Científica. Etnología. México.

- Barrera, A., A. Gómez-Pompa y C. Vázquez-Yañez. 1977. El manejo de las selvas por los mayas: sus implicaciones silvícolas y agrícolas. *Biótica* 2(2): 47-60.
- Berlín, B. 1992. *Ethnobiological Classification: principles of categorization of plants and animals in traditional societies*. Princeton University Press. Princeton, Nueva York. 335 p.
- Dávalos, R. 1996. Behavior of wood as structural material: State-of-the-art. México. *Ciencia* 47(1): 76-91.
- De la Paz Pérez-O., C. y T. Carmona. 1979. Influencia del hilo en algunas características tecnológicas de la madera. *Bol. Téc. Inst. Nac. Invest. For.* 60. México, D.F. 47 p.
- Echenique-Manrique, R. y S. del Amo. 1976. Durmientes del metro. Comunicado N° 4. Sobre recursos bióticos potenciales del país. INIREB A. C.
- Echenique-Manrique, R y F. Robles. 1993. *Ciencia y Tecnología de la Madera I. Textos Universitarios*. Universidad Veracruzana. México. 137 p.
- Flores, J. S. 1987. Uso de los recursos vegetales en la Península de Yucatán; pasado, presente y futuro. Cuadernos de Divulgación N° 30. INIREB. Xalapa, Veracruz. México. 25 p.
- Gómez-Pompa, A., V. Rico-Gray y C. Chan. 1986. Las selvas manejadas por los mayas de Yohaltún, Campeche. México. *Biótica* 10(4): 321-327.
- Hamrak, B. J., B. Jacobson and S. R. Schmid. 1999. *Fundamentals of machine design*. Mc Graw-Hill International Editors. Mc Graw-Hill Book Co. Singapore.
- Jiménez-Osornio, J., A. Caballero, D. Quezada y E. Bello. 2003. Estrategias tradicionales de apropiación de los recursos naturales. 189-200 *In*: P. Colunga-García Marín y A. Larqué Saavedra. (eds.) *Naturaleza y Sociedad en el área maya*. CICY. Academia Mexicana de las Ciencias. Mérida, Yucatán. México.
- May-Euan, J. J. 1999. Diagnóstico de la producción y la comercialización del durmiente en la Organización de Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya, S. C. Memorias de residencia de licenciatura. SEP-SEIT. Instituto Tecnológico Agropecuario N° 16. 52 p.
- Olguín, E. 1994. Evaluación y optimización del uso de la leña. A nivel familiar y de pequeñas industrias rurales. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, México. 75 p.
- Orellana, R., L. Carrillo y V. Franco. 2001. Árboles recomendados para la ciudad de Mérida. "La naturaleza como parte del contexto urbano" Jardín Botánico Regional. Unidad de Recursos Naturales. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Mérida, Yucatán. 70 p.
- Orellana, R., L. Carrillo y V. Franco. 2007. Árboles recomendables para las ciudades de la Península de Yucatán. Unidad de Recursos Naturales. CICY. A. C. Mérida, Yucatán. 78 p.
- Quiróz, J. C. Cantú, R. Díaz y R. Orellana. 2009. Uso de la leña en Yucatán y tecnología para su aprovechamiento sustentable. Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. y Asociación Red Verde, A.C. 74 p.
- Rebollar, S. y A. Quintanar. 2000a. Anatomía y usos de la madera de ocho especies tropicales de Quintana Roo, México. *Biol. Trop.* 46: 1047-1057
- Rebollar, S. y A. Quintanar. 2000b. Anatomía y usos de la madera de siete especies tropicales de México. *Biol. Trop.* 48(2/3): 569-578.

- Rico-Gray, V., Gómez-Pompa, A. y C. Chan. 1985. Las selvas manejadas por los mayas de Yohaltún, Campeche. México. *Biótica* 10(4): 321-327.
- Sanabria, O. L. 1986. Etnoflora Yucatanense: El Uso y Manejo Forestal en la Comunidad de Xul, en el Sur de Yucatán. INIREB. Fascículo 2. Xalapa, Veracruz.
- Sánchez-González, M. C. 1993. Uso y manejo de la leña en X-uilub, Yucatán. Etnoflora Yucatanense Fascículo 8. Universidad Autónoma de Yucatán. Sostenibilidad Maya. Mérida Yucatán. México. 117 p.
- Santos, V. J. 1997 La organización campesina y su importancia en la autogestión y manejo de los recursos forestales: una experiencia en la Organización de Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya S. C.
- Santos, V. J., M. Carreón y K. C. Nelson. 1998. La Organización de Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya. Un proceso de investigación participativa. Serie: Estudios de caso sobre participación campesina en generación, validación y transferencia de tecnología. Red de Gestión de Recursos Naturales. Fundación Rockefeller. 129 p.
- Santos, V. J. 2006. Aserrío alternativo para pequeñas comunidades forestales de la zona maya de Quintana Roo, México. Documento Interno. OEPFZM S. C. 4 p.
- Santos, V. J. 2009. Comunicación personal.
- Sosa, V., J. S. Flores, V. Rico-Gray, R. Lira y J. J. Ortiz. 1985. Lista florística y sinonimia Maya 225 p. *In*: Etnoflora Yucatanense. INIREB. Fascículo 1. Xalapa, Veracruz, México.
- Taylor, D. 1999. An ecological and economic evaluation of railroad tie harvest in the ejido Xpichil, Quintana Roo, México. Tesis de Maestría. Nicholas School of the Environment Duke University.
- Terán, S. y Ch. Rassmussen. 1994. La milpa de los mayas. La agricultura de los mayas prehispánicos y actuales en el Noreste de Yucatán. Gobierno del estado de Yucatán y Gobierno de Dinamarca. Mérida, Yucatán. México. 349 p.
- Tripp, M. J., y G. Arriaga. 2001. estudios de casos sobre combustibles forestales. Proyecto. GCP/RLA/133/EC. Información y análisis para el manejo forestal sostenible: integrando esfuerzos nacionales e internacionales en 13 países tropicales en América Latina. Unión Europea. FAO.
- Villers, R. 1978. Uso de las maderas y otros materiales vegetales en la construcción de la habitación rural tradicional en la zona de Coba, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura. Facultad. de Ciencias, UNAM. México.
- Villers, R. L., R. M. López y A. Barrera. 1981. La unidad de habitación tradicional campesina y el manejo de recursos bióticos en el área maya yucatanense. II. Materiales vegetales en la habitación rural tradicional de Cobá, Quintana Roo. *Biótica* 6(3): 293-323.

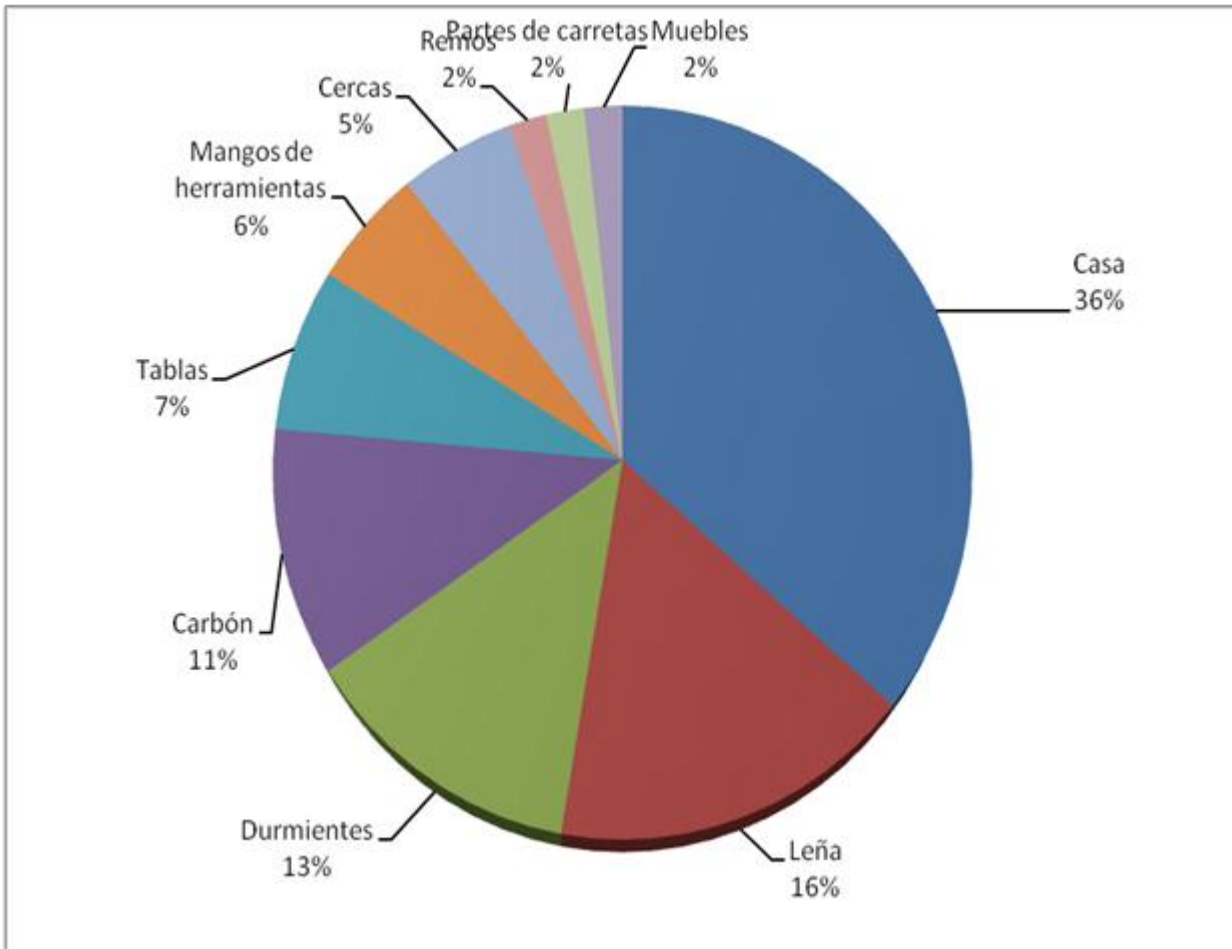


Figura 1. Usos frecuentes de la madera de las veinte especies estudiadas en las localidades de colecta.

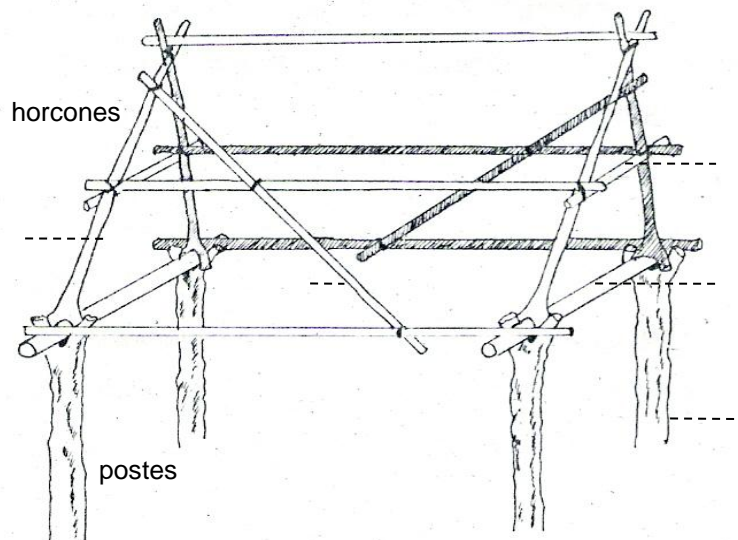
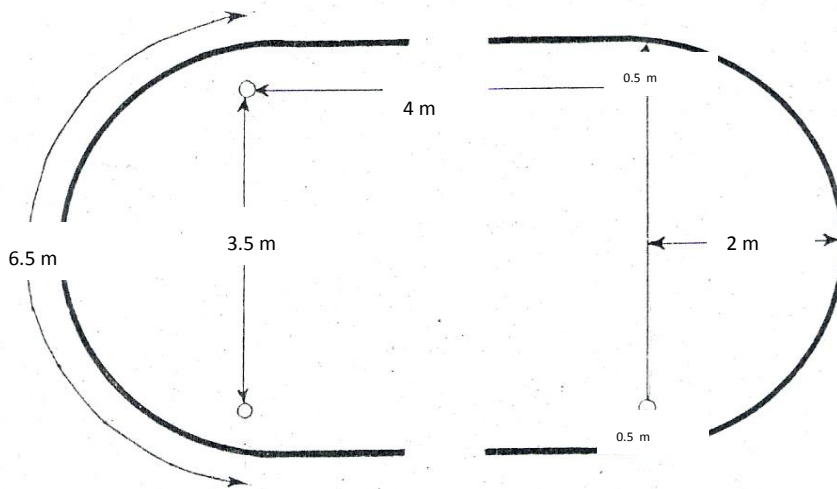


Figura 2. Usos principales de las especies estudiadas. a. Casa maya. b y c. Forma y dimensiones de las estructuras de la casa maya. Tomado de Villers 1978.

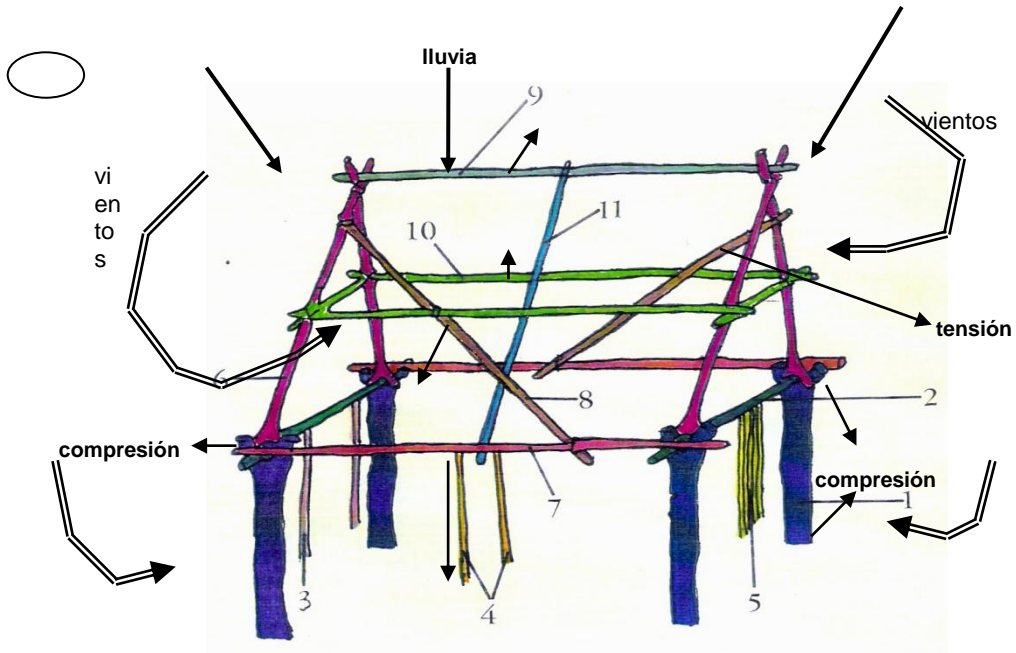
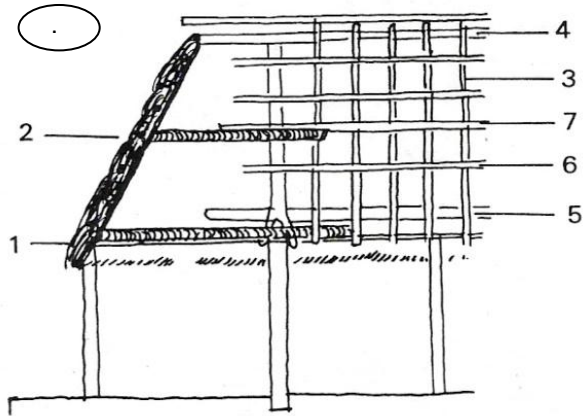


Figura 3. Casa Maya. a. Casa maya. b y c. Partes estructurales y efectos mecánicos externos. *Caesalpinia gaumeri*: kolokche´(4) y tiserá (6). *Caesalpinia mollis*: okom (1), balo (2), kulub (3) y kaloche´ (5). *Coccoloba acapulcensis*: balo (2), tiserá (6), kolokche´ (4), taanche´ (7), alka´ch´o (8), ho´lnache´ (9), kaanataanche´ (10) y winkiche´ (11). *Coccoloba cozumelensis*: balo (2) y winkiche´(11). Tomado de Villers 1978 y modificado por Rebollar.

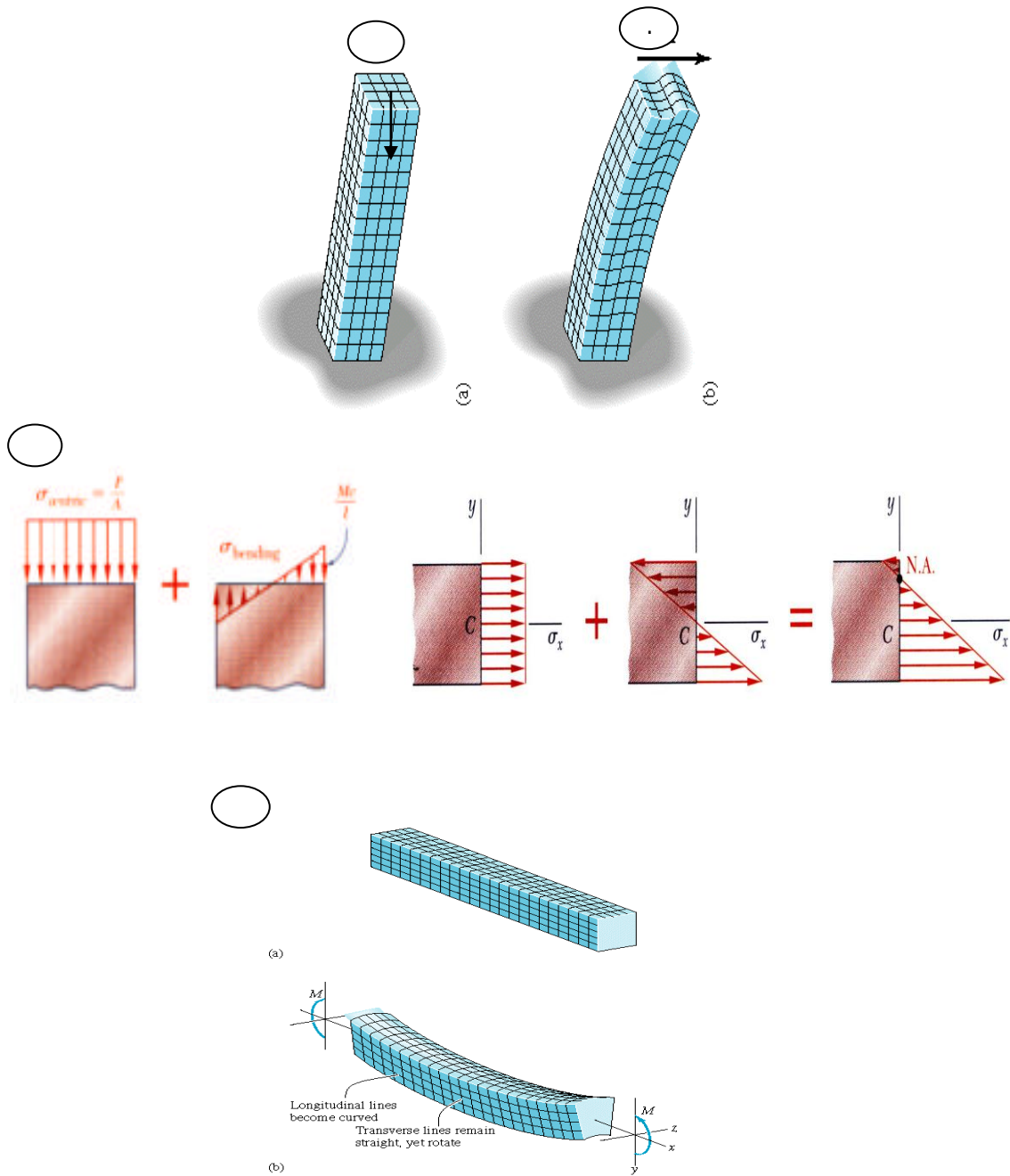


Figura 4. Representación esquemática de una columna sometida a cargas combinadas de compresión y flexión Hamrak *et al.*, 1999; que semejan las cargas que soportan las columnas (okom y tiseras) de la casa maya. a. Soporta todo el peso de la construcción. b. cargas laterales de vientos, c. Cargas combinadas de compresión y flexión. d. Representación esquemática de una viga sometida a flexión (balo , kaanche´).

Cuadro 1. Partes estructurales de la casa maya, función mecánica y especies que intervienen en cada una de ellas.

Partes de la casa maya (Villers <i>et al.</i> 1981)	Estructuras (Villers <i>et al.</i> 1981)	Funciones mecánicas	Especies
Okom (1)	Dos pares de postes principales enterrados; con horquillas en la parte superior que sostienen los balos o vigas.	Pilote o columna Esfuerzos a compresión de gran magnitud y poca flexión, rigidez. Alto riesgo al biodeterioro debido a su contacto con el suelo	<i>Caesalpinia mollis</i>
Balo (2)	Dos maderos horizontales y en ángulo recto, colocados paralelamente sobre los horcones del okom..	Vigas Flexión y tensión	<i>Caesalpinia mollis</i> <i>Coccoloba acapulcensis</i> <i>Coccoloba cozumelensis</i>
Kulub (3) y Kolokche' (4)	Maderos verticales y enterrados en el suelo, forman la pared en semicírculo de la casa, están unidos por dos maderos delgados y flexibles, colocados en la parte superior e inferior de éstos.	Postes Soporte lateral Compresión, flexión	<i>Caesalpinia mollis</i>
Kaloche' (5)	Maderos verticales que forran las paredes de la casa.	Recubrimiento de la pared. Compresión y flexión.	<i>Coccoloba acapulcensis</i> <i>Coccoloba cozumelensis</i>
Tisera (6)	Dos maderos largos ahorquillados que descansan sobre cada balo, cruzándose en la parte superior y soportan la viga central superior del techo.	Viga Combinación de Flexión y compresión. Equilibran el peso y la fuerza.	<i>Caesalpinia gaumeri</i> <i>Coccoloba acapulcensis</i>
Taanche' (7)	Dos maderos	Viga	<i>Coccoloba</i>

	largos horizontales que descansan en ángulo recto sobre los balos	Combinación de flexión y compresión	<i>acapulcensis</i>
Alka'ch'o (8)	Dos pares de maderos delgados cruzados sostenidos por la tiserá en un extremo y por el taanche' en el otro. Da forma al techo de dos aguas	Soporte lateral Tensión, rigidez	<i>Coccoloba acapulcensis</i>
Ho'lnache' (9)	Viga central superior del techo	Viga Combinación de flexión y compresión	<i>Coccoloba acapulcensis</i>
Kaanataanche' (10)	Par de maderos colocados en forma paralela y horizontal en la parte media de la tiserá	Viga Combinación de flexión y compresión	<i>Coccoloba acapulcensis</i>
Winkiche' (11)	Maderos verticales largos y delgados sostenidos al holnache' y taanche', formando una red con otros maderos horizontales, donde se colocan las hojas de huano	Soportes laterales Combinación de Flexión y compresión	<i>Coccoloba acapulcensis</i> <i>Coccoloba cozumelensis</i>

Cuadro 2. Resultados de las encuestas aplicadas a ejidatarios que han trabajado en la elaboración del durmiente.

PREGUNTAS	EJIDOS ENCUESTADOS		
	Chan Santa Cruz 10 ejidatarios	Chunhuas 10 ejidatarios	X-maben 10 ejidatarios
¿Ha labrado durmiente?	Sí	Sí	Sí
¿Cuántos durmientes hace por día?	2	3	3
¿Cuántos durmientes saca por árbol?	2	3	3
¿A qué distancia del poblado saca los durmientes?	7 km	6 km	14 km
¿Trabaja el durmiente en forma individual o en grupo?	Individual	Individual	Individual
¿En qué temporada se saca el durmiente?	En mayo, junio y julio	En mayo, junio, julio y parte de noviembre	En mayo, junio, julio y parte de noviembre
¿Hay desperdicio de madera para elaborar el durmiente?	Sí mucho desperdicio	Sí, mucho desperdicio	Sí mucho desperdicio
¿Existen suficientes caminos para trasladar el durmiente?	No existen	No existen	No existen
¿Qué especies no usa para hacer el durmiente? Y por qué?	Granadillo, amapola, porque está prohibido su corte	Amapola, granadillo, siricote. Porque está prohibido su corte	Kitanche', amapola. Porque está prohibido su corte
¿Cada cuándo vende durmientes?	Cada año	Cuando hay compradores	Cada año
¿Cuántos vende por temporada?	58	40	90
¿A quién le ha vendido el durmiente?	A Ferrocarriles Nacionales de México	A Ferrocarriles Nacionales de México	A Ferrocarriles Nacionales de México
¿Vende el durmiente directamente ó a través de intermediarios?	Directamente	Directamente	Directamente
¿Considera el pago del durmiente a precio justo?	No es justo el precio	No es justo el precio	No es justo el precio
¿Qué problemas existen en la producción y en la comercialización?	Si existen en la recepción de la madera	Si existen, en el pago de la madera	Si existen, en la recepción y pago de la madera

Cuadro 3. Especies de maderas “comunes tropicales duras” utilizadas para la elaboración de durmientes en tres ejidos de la Zona Maya de Quintana Roo.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
<i>Acacia gaumeri</i>	“boxkatsim”
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	“kitamche”
<i>Caesalpinia mollis</i>	“chakte-viga”
<i>Coccoloba cozumelensis</i>	“boob”
<i>Gliricidia sepium</i>	“kuchunuk”
<i>Hampea trilobata</i>	“xcanhol”
<i>Krugiodendron ferreum</i>	“chintok”
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	“tsalam”
<i>Psidium sartorianum</i>	“pichi,che”
<i>Senna racemosa</i>	“xk’anlol”



Lámina I. Proceso de elaboración del durmiente. a. Derribo del árbol. b. Medición de cada pieza del árbol. c. Elaboración del durmiente con las medidas establecidas. Fotos Silvia Rebollar.



Lámina II. a. Piezas de durmierte obtenidas de un árbol. b. Apilado del durmierte (*Lysiloma latisiliquum* tsalam) en el ejido X-Maben. c. Apilado del durmierte (*Caesalpinia mollis* chacte viga) en el ejido Chan Santa Cruz. Fotos Silvia Rebollar.

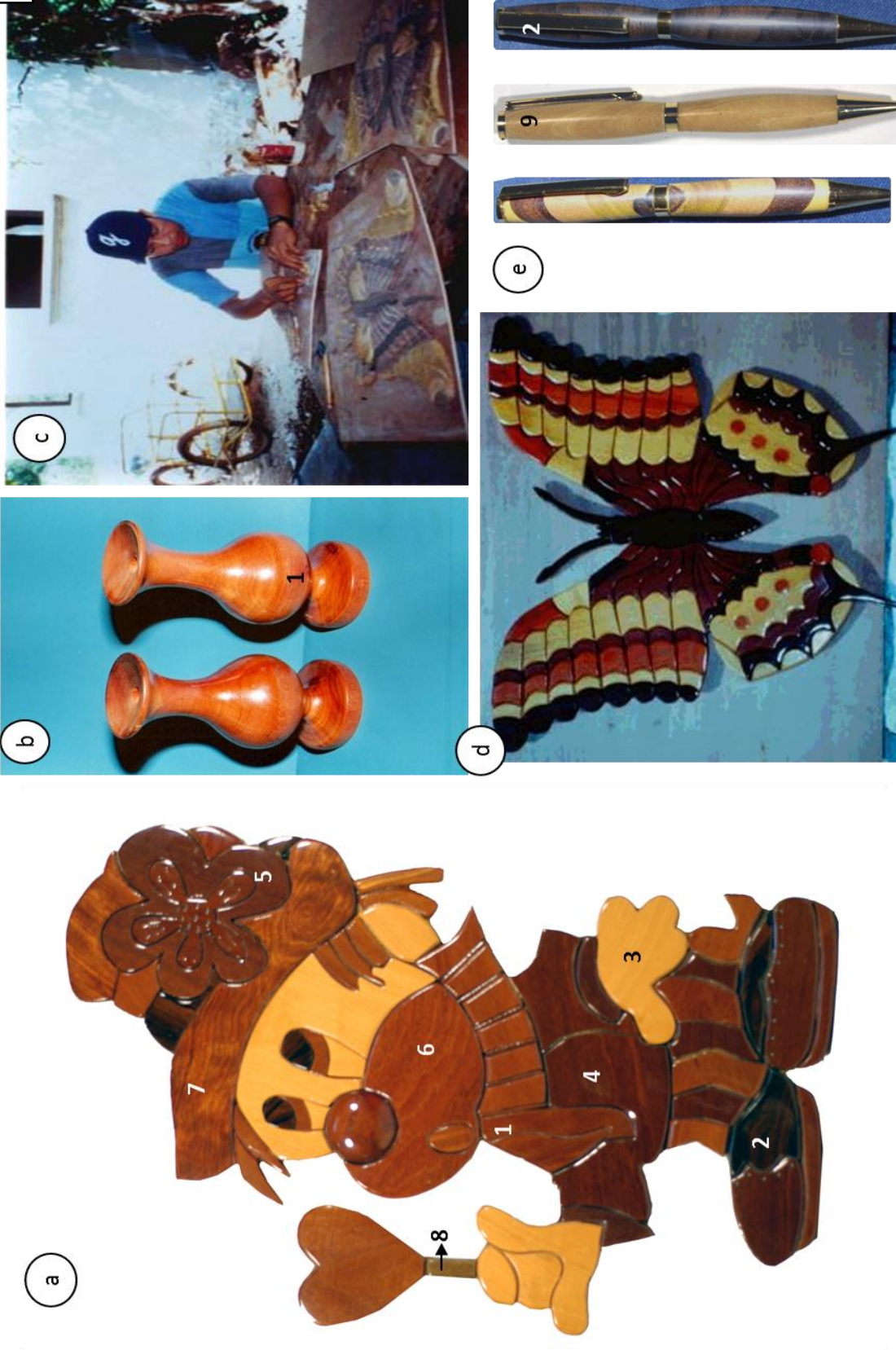


Lámina III. Aprovechamiento de maderas en artesanías, elaboradas con trocería que queda en el monte después de su aprovechamiento. a. Payaso. 1 chacte viga, 2 siricote, 3 tziminche, 4 verde lucero, 5 zapote, 6 cedro, 7 chechem, 8 pucté y 9 guayabillo. b. Floreros. c. Artesano. d. Mariposa. e. Plumas.

CAPÍTULO V

POTENCIALIDADES DE LA MADERA

RESUMEN

Se plantea la importancia de la madera como un recurso natural renovable que aporta innumerables beneficios, con usos importantes que resuelven necesidades básicas en la obtención de diversos productos y también servicios intangibles que favorecen la conservación del medio ambiente. En el ámbito de la problemática de la conservación de éste recurso se analizan las alternativas de un adecuado aprovechamiento y conservación con acciones que contemplan el rescate del conocimiento tradicional de los campesinos y su integración en la organización de trabajos interdisciplinarios que aporten soluciones desde diferentes perspectivas que den resultados más efectivos optimizando recursos humanos y económicos. El conocimiento de la estructura anatómica y propiedades tecnológicas de la madera de veinte especies consideradas como “corrientes” reflejó cualidades estéticas atractivas y estructurales de alta resistencia mecánica y al biodeterioro; con ésta información y la proporcionada por campesinos mayas de la Península de Yucatán acerca de la importancia que tienen para ellos estas especies arbóreas por los usos tradicionales que hasta la fecha mantienen, refleja las posibilidades de diversificar sus usos y así darle mayor valor al recurso madera optimizando de ésta manera los aprovechamientos de las selvas.

INTRODUCCIÓN

La madera es considerada como un valioso recurso renovable. Por la diversidad de características estéticas, estructurales y su comportamiento físico y mecánico, es un producto de bosques de climas fríos, templados o de selvas tropicales, por lo que es importante resaltar el potencial que tiene si es contemplada desde el punto de vista de su adecuado aprovechamiento y conservación, ya que es un producto indicador de la productividad de los bosques y selvas (Echenique-Manrique y Robles 1993).

Los bosques y selvas o ecosistemas forestales tanto naturales como establecidos por reforestación cubren el 30.3 % de la superficie del planeta (FAO 2005) quienes aparte de proveer la gran riqueza del recurso madera y de otros productos como látex, frutos, plantas medicinales, son el nicho ecológico para el establecimiento de la fauna silvestre, influyen en la conservación de los suelos, calidad del agua, el clima, efectos de fenómenos naturales como vientos, ciclones, huracanes, lluvias, ciclo de nutrientes, entre otros, por lo que son considerados como importantes proveedores de servicios ecosistémicos que son los que sustentan la vida en nuestro planeta (Campos *et al.*, 2005).

La producción de madera actualmente está influenciada por los procesos de globalización que influyen en su valor comercial, debido a la competencia entre los países productores y su calidad, por otra parte el incremento de su consumo es el reflejo del aumento de la población humana, por lo que ha habido un cambio en el enfoque de combinar el uso de otros materiales; este consumo según datos de la FAO (1999) se ha incrementado desde 1961-1991, el mercado global aumentó para productos de madera procesada, incluyendo madera aserrada un 20 %, para paneles de madera 600% y para papel 350%, aunque la producción de artículos manufacturados con materiales sustitutos de la madera ha contribuido a disminuir relativamente su consumo. En ésta producción se incluyen problemáticas como el uso de la mecanización que en éste sector ha provocado el desempleo, ó la aplicación de la tecnología para obtener productos similares a los manufacturados con madera, pero hechos con materiales de menos calidad en gran cantidad y en menor tiempo. En el caso del uso de

energéticos, el combustible usado tradicionalmente ha sido el carbón y la leña, la gente ha usado normalmente arbustos, ramas y tallos de árboles y, dependiendo de los países, puede ser destinada para cocinar y como calefactor, aunque es más utilizada en comunidades rurales que en las urbanas, ya que en el año 2000 se usaron en el mundo aproximadamente 1.28 billones de metros cúbicos (FAO 2003).

La disponibilidad futura de madera depende en mucho, del adecuado aprovechamiento y conservación de bosques y selvas, que se puede dar en base a programas de manejo forestal adecuados para cada sitio de producción maderable, en donde se incluya además a las comunidades rurales que puedan obtener de sus bosques los recursos necesarios para su subsistencia, asegurar su permanencia y satisfacer la demanda que se requiere en los múltiples usos que tiene, ya que se trata de lograr un aprovechamiento racional a largo plazo de los ambientes donde las especies arbóreas son además importantes factores en la conservación de estos ecosistemas Ricker y Daly (1998).

ANTECEDENTES

En el caso de las selvas, en el mundo entero es dramática su pérdida, según datos de la FAO, entre 1980 y 1985, la deforestación tropical alcanzó una tasa del 0.6 %, es decir, de 11.4 millones de hectáreas anuales, otros estudios indican que en la actualidad la cifra alcanza los 17 a 20 millones de hectáreas por año (Rowe *et al.* 1991, Panayotou y Ashton 1992), presentándose tasas de deforestación diferenciadas por región: 0.53 % para África, 0.58 % en Asia y 0.61 % en América Latina (ONU 1990).

Algunos autores atribuyen la pérdida de las selvas tropicales al crecimiento de la población humana, que presiona sobre los recursos, a las políticas económicas de los países desarrollados sobre los países en vías de desarrollo que hacen que se exploten las selvas para buscar un beneficio económico inmediato y de corto plazo, o bien a los programas e incentivos de apertura de tierras para el desarrollo; otros mencionan la desigual distribución de la riqueza y la tierra, el sistema de tenencia de la tierra imperante y las actitudes culturales hacia la selva y, otros más, consideran que la deforestación de las selvas tropicales es un fenómeno sumamente complejo y que su análisis requiere de la elaboración de un modelo multicausal, que tome en cuenta además de los aspectos sociales, económicos, políticos los procesos históricos y las diferencias regionales (Repetto y Gillis 1988, Repetto 1990, Hecht y Cokburn 1990, Panayotou y Ashton 1992, Paz 1995).

Esta preocupación por la desaparición de muchos de los recursos naturales del planeta se ha analizado ya a nivel mundial desde la reunión de Estocolmo en 1972, donde se introdujo en la agenda política internacional la conservación del medio ambiente en relación con el crecimiento económico tradicional y la conservación de los recursos naturales. En 1987 el informe Brundtland aporta la crítica al modelo de desarrollo de los países industrializados como incompatibles con el uso racional de los recursos naturales y se conceptúa como sostenible el modelo de desarrollo que “atiende a las necesidades del presente sin comprometer la posibilidad de que las futuras generaciones atiendan a sus propias necesidades”.

Por otra parte desde el 2001 al 2005, existe el programa de trabajo internacional diseñado para satisfacer las necesidades que tienen los responsables de la toma de decisiones y el público en general de información científica, acerca de los cambios en los ecosistemas para el bienestar humano y las opciones para responder a éstos cambios. La Evaluación Ecosistémica del Milenio o Millenium Ecosystem Assessment (MA), incluye el trabajo de más de 1360 expertos del mundo que evalúan los bienes producidos por estos ecosistemas forestales como alimentos, agua, combustible, fibras, recursos genéticos y medicinas naturales, que además regulan la calidad del aire, del clima y del agua, purificación del agua y otros servicios como: la producción de oxígeno, la formación y retención de suelos, provisión de hábitat, reciclaje de nutrientes Sus logros y resultados proveen un estado de apreciación

científica de las condiciones y tendencias de los ecosistemas del mundo y de los servicios que ellos proveen y su evaluación hasta ahora ha sido el de considerar que “*estamos gastando más de lo que poseemos: capital natural y bienestar humano*” (Millenium Ecosystem Assessment 2005)

El lograr la sustentabilidad ha generado también el proponer estrategias diversas, como la creación de áreas naturales protegidas donde las comunidades naturales son conservadas *in situ* y las especies pueden mantener su interacción ecológica y continúe sus procesos de evolución (Primack y Massardo 2001). Otro aspecto importante ha sido la necesidad de integrar a las comunidades locales en la conservación y el uso regulado de bosques y selvas, por ejemplo se tiene la creación de áreas de conservación y uso regulado llamadas reservas extractivas originadas en Brasil como una alternativa para los recolectores de caucho y son “áreas de selva habitadas por poblaciones humanas que extraen productos, particularmente no maderables, concedidas a largo plazo para el usufructo de los recursos forestales, las cuales son manejadas de manera colectiva” (Pérez-García y Rebollar 2005).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó la investigación de la literatura sobre la vegetación de la Península de Yucatán, recorridos en las localidades de colecta de la madera y entrevistas con campesinos y comisarios ejidales mayas en los estados de Quintana Roo y Yucatán de acuerdo a las consideraciones de Berlín (1992) y a la metodología de Alexiades y Wood (1996). También se asistió a asambleas de los diferentes ejidos que conforman la Organización y se trabajó con la Dirección Técnica de la Organización de Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya de Quintana Roo, para la revisión de documentos internos como: listas de inventario, informes de paso de año de los ejidos de la Organización, reportes de proyectos y también se tuvieron pláticas sobre sus experiencias en el desarrollo de proyectos forestales y agroforestales en el marco de programas de manejo y su relación con las comunidades de ejidatarios. Este trabajo se realizó con patrocinio de la Universidad Autónoma Metropolitana través de convenios interinstitucionales con el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) para los estudios de las propiedades físico-mecánicas de la madera y los apoyos para el trabajo de campo se contó con el Instituto sobre Recursos Bióticos, (INIREB) actualmente Instituto de Ecología A.C., con el Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO) y actualmente El Colegio de la Frontera Sur, con la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) y con la Dirección Técnica de la Organización de Ejidos productores Forestales de la Zona Maya de Quintana Roo S. C.

RESULTADOS

Los resultados de las revisiones de las lista de inventario de las especies consideradas “corrientes” arrojan información que permite entender la gran variedad de especies no conocidas comercialmente ni con estudios de anatomía ó tecnología, pero que son muy importantes en los ejidos por los usos tradicionales como la construcción de la casa habitación, en la elaboración de durmientes, como combustible en la forma de leña y carbón. Los valores del área basal encontrados en las listas de inventario son muy variados para cada ejido, pero se seleccionaron veinte especies no conocidas, las más representativas y preferidas para los usos más comunes (Cuadro 1).

Los estudios anatómicos de la madera de las veinte especies estudiadas manifiestan caracteres estéticos atractivos, una estructura anatómica de vasos pequeños, numerosos, con distribución difusa; parénquima axial de diversos tipos, parénquima radial con rayos pequeños, bajos y numerosos; fibras medianas, de tipo libriforme y en todas las especies la presencia de contenidos celulares como: abundantes cristales, gomas, mucílagos, taninos y de estructuras

como las tílides. Esta estructura anatómica compacta y sólida, refleja propiedades físicas y mecánicas con valores altos de su peso específico y de resistencia mecánica que pueden ser comparados con especies ampliamente conocidas en el mercado, por lo que con estas bases se puede justificar el uso tradicional que tienen y además diversificar sus usos con lo cual pueden ser consideradas con posibilidades de comercialización (Cuadros 2, 3).

Estos estudios se han integrado con otro tipo de acciones para hacer una adecuada planeación de los programas de manejo forestal que realiza la Dirección Técnica de la Organización de Ejidos Productores Forestales particularmente en la fase de cuantificación de aprovechamientos que se realiza a través de los inventarios forestales para definir la existencia de “maderas preciosas” que es selectiva, de acuerdo a sus existencias y de las “tropicales corrientes”, de las que se aprovecha una gran variedad de especies cuya extracción para su comercialización está condicionada a vender por cada metro cúbico de maderas “preciosas” dos metros cúbicos de especies “corrientes” para promover el uso diversificado de la selva y evitar la explotación selectiva de las especies.

Este tipo de estudios interdisciplinarios se complementa con la participación campesina, su conocimiento de los recursos naturales que se ha complementado con su capacitación en las diferentes áreas que se requiere para hacer una buena administración del recurso forestal permite establecer de una manera más confiable el manejo de los proyectos forestales y agroforestales. En el caso de las especies maderables, el conocimiento empírico de sus propiedades de durabilidad natural, de su peso y resistencia mecánica clasificándolas como duras, suaves, pesadas, fibrosas, quebradizas, les han permitido emplearlas con éxito en los usos donde se requieren. Así en la casa habitación maya y en la elaboración de durmientes, las especies seleccionadas cumplen adecuadamente su función, con la resistencia mecánica y durabilidad requerida; en el caso de la leña y carbón de igual manera las especies tienen un alto valor energético, lo cual se relaciona con su peso específico. (Cuadro 2, 3), por esas propiedades ésta especies pueden ser utilizadas de otras maneras para ampliar sus usos, lo cual repercute ampliamente en la economía de los propietarios del recurso, lo cual se respalda con las siguientes acciones:

- Ejidos con asistencia técnica permanente en aspectos técnicos enfocados a los planes de manejo, en el monte y marqueo de la madera, recepción, tumba, despunte, saneo, medición, cubicación, administración comercialización y organización campesina.
- En la definición de las áreas forestales permanentes, las que se destinarán a aprovechamientos forestales bajo planes de manejo (Fig. 1).
- Cuantificación de los recursos forestales a través de inventarios forestales.

Estos y otros tipos de acciones han generado la conservación de la selva mediana subperennifolia en el municipio de Felipe Carrillo Puerto, lográndose para los ejidos que mejor conservan sus recursos naturales la certificación de agencias internacionales como los ejidos Santa María y Naranjal Poniente y no solamente para la zona maya, sino también en la zona sur del estado donde se encuentra la sociedad civil de municipio de Othón Pompeyo Blanco que fueron derivadas del Plan Piloto Forestal de Quintana Roo (Figs. 2, 3).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La inquietud por realizar este tipo de estudios de anatomía y tecnología de la madera en relación con los usos y su adecuado aprovechamiento y conservación tecnología en las selvas de la Península de Yucatán particularmente en Quintana Roo, es debido a las siguientes causas: en México, de acuerdo con los datos reportados por Gómez-Pompa (1990), los estados de Chiapas, Tabasco, Campeche y Quintana Roo, registraron entre 1984 y 1989 una deforestación de aproximadamente un millón de hectáreas del total de su área forestal, lo que significa un promedio anual de 167,000 hectáreas de selva desmontadas, con una tasa del 5 %

anual en la región; para Quintana Roo en particular la deforestación es un problema agudo ya que la superficie de sus selvas tuvieron una disminución de hasta un 30 % (Rebollar *et al.*, 2002). Ante esta perspectiva de destrucción de los recursos naturales y la subutilización de su potencial productivo, los nuevos planes para el desarrollo de zonas en ambientes cálido-húmedos requieren enmarcarse dentro de criterios en donde queden contempladas las formas autóctonas de aprovechamiento y manejo de los recursos naturales (Santos *et al.*, 1998). Sin embargo, es importante considerar que en la Península de Yucatán existen esquemas de manejo y regulación en Áreas Naturales Protegidas y Áreas Forestales Permanentes con acciones de manejo y conservación de recursos naturales con las que se han conservado importantes coberturas forestales (Anta y Pérez 2006). Quintana Roo cuenta además con el Modelo Mexicano de Manejo Forestal Comunitario, cuya estrategia de combinar la experiencia del conocimiento tradicional y el trabajo productivo de los campesinos mayas forestales con acciones técnicas han dado como resultado la adecuada conservación y aprovechamientos de sus selvas (Bray y Merino-Pérez 2002).

Por otra parte la Península de Yucatán es una región que se caracteriza por tener una gran riqueza cultural que, desde el punto de vista de los recursos naturales, es admirable la forma como la antigua población maya, pudo integrarse al medio ambiente sin deteriorarlo (Barrera *et al.*, 1977) ya que los ecosistemas tropicales además de productivos son complejos y en ellos lograron practicar, además, una silvicultura tropical, lo que contrasta con el inadecuado manejo actual de los ecosistemas tropicales el cual provoca, la mayoría de las veces alteraciones irreversibles. Por esta razón Barrera *et al.* (1977) plantean que "la solución debe provenir de investigaciones interdisciplinarias que tomen en cuenta la forma de utilización de estos recursos por las culturas antiguas que todavía se conservan" y por otra que "*las investigaciones etnobiológicas son importantes para aprovechar, aún cuando sea como punto de partida, los conocimientos de las poblaciones locales acerca de su medio natural*", además el uso múltiple que la población maya le ha dado a sus recursos vegetales por ejemplo el uso de la madera para construcción de casas habitación rural, que según (Villers 1978, Villers *et al.*, 1981) su arquitectura e ingeniería constituyen un fenómeno complejo ya que la estructura y fisonomía no sólo responden a las condiciones climáticas y ecológicas, sino a distintos factores propios y externos, relacionados con el medio económico, social y cultural.

Se puede decir que en México se ha dado una gran experiencia en la gestión de los recursos forestales por comunidades locales de áreas templadas y tropicales, donde bosques y selvas se conservan adecuadamente a través de la combinación de técnicas tradicionales, asesoría técnica y administración de los bosques y selvas de propiedad comunal manejadas como empresas forestales comunitarias, tal es el caso de Michoacán, Oaxaca, Puebla y Quintana Roo, que aunque han desarrollado un importante avance en incursionar como empresarios y a pesar de que enfrentan presiones internas y externas, se han mantenido incursionando también en los aspectos de servicios ambientales y ecoturismo (Bray y Merino-Pérez 2004).

REFERENCIAS

- Alexiades, M. N. and J. Wood Sheldon. 1996. Selected Guidelines for Ethnobotanical Research. A Field Manual. Scientific Publications Department. The New York Botanical Garden. New York. USA 306 p.
- Anta, S., y P. Pérez. 2006. Atlas de experiencias comunitarias en manejo sostenible de los recursos naturales en Quintana Roo. SEMARNAT. México. 61 p.
- Barrera, A., A. Gómez-Pompa y C. Vázquez-Yañez. 1977. El manejo de las selvas por los mayas: sus implicaciones silvícolas y agrícolas. *Biótica* 2(2): 47-60.
- Berlín, B. 1992. *Ethnobiological Classification: principles of categorization of plants and animals in traditional societies*. Princeton University Press. Princeton, Nueva York. 335 p.

- Bray, B. D. and L. Merino-Pérez. 2002. Community Forest of Mexico. Achievements and Challenges. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sustentable. 32 p.
- Campos, J. J., F. Alpizar, B. Louman, J. Parrotta y R. Madrigal. 2005. An integrated approach to forest ecosystems services. *In*: M. G. Alfaro, R. Kanninen, and M. Lobovikov. (eds.) Forest in the Global Balance. Changing Paradigms. Vol. 17 IUFRO World Series.
- Echenique-Manrique, R. y F. Robles. 1993. Ciencia y Tecnología de la Madera I. Textos Universitarios. Universidad Veracruzana. México. 137 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1999. State of the World's forests. Rome Italy.
- FAO. 2003. Statistics database (online). FAO Rome Italy.
- FAO. 2005. Evaluación de los recursos forestales mundiales. FAO. Forestry Paper 147. Roma, Italy. 181 p.
- Hecht, S. and A. Cockburn. 1990. The Fade of the Forest. Developers, Destroyers and Defenders of the Amazon. Harper Collins Publishers. New York.
- Millenium Ecosystem Assessment. 2005. Our human planet: summary for decision makers. Island Press. Washington D. C. 109 p.
- Panayotou, T. and P. Ashton. 1992. Not by Timber Alone. Economics and Ecology for Sustaining Tropical Forests. Washington, D. C. Island Press.
- Paz, M. F. (coord.) 1995. De Bosques y Gente. Aspectos Sociales de la Deforestación en América latina. CRIM-UNAM. Cuernavaca, Morelos.
- Pérez-García, M. y S. Rebollar. 2005. Estrategias rurales contra la deforestación. Ciencia y Desarrollo 186: 58-65.
- Primack, R., D. Bray, H. A. Galleti e I. Ponciano (Editores). 1999. La Selva Maya. Conservación y Desarrollo. Siglo XXI Editores. S.A. de C. V. y Siglo XXI de España, Editores. S. A. de C. V. 475 p.
- Primack, R. y F. Massardo. 2001. Estrategias de conservación *in situ*. *In*: R. Primack, R. Roízzi, P. Feisinger, R. Dirzo, y F. Massardo. Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica. México. 421-446
- Rebollar, S., V. Santos y R. Sánchez. 2002. Estrategias de recuperación de selvas en dos Ejidos de Quintana Roo, México. Madera y Bosques 8(1):19-38.
- Repetto. 1990. Deforestación en los trópicos. Investigación y Ciencia. 165: 10-17.
- Repetto, R. and M. Gillis. 1988. Public Policies and the Misuse of Forest Resources. Cambridge University Press. Cambridge.
- Ricker, M. y D. C. y Daly. 1998. Botánica económica en bisques tropicales. Principios y métodos para su estudio y aprovechamiento. Diana. México. 293 p.
- Rowe, R., N. Sharma and J. Browder. 1991. Deforestation: problems, causes and concerns. *In*: N. Sharma (ed.) Managing the World's Forests. Looking for Balance between Conservation and Development. Iowa.
- Santos, V. J., M. Carreón y K. C. Nelson. 1998. La Organización de Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya. Un proceso de investigación participativa. Serie: Estudios de caso sobre participación campesina en generación, validación y transferencia de tecnología. Red de Gestión de Recursos Naturales. Fundación Rockefeller. 129 p.
- Villers, R. 1978. Uso de las maderas y otros materiales vegetales en la construcción de la habitación rural tradicional en la zona de Coba. Quintana Roo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Villers, R., R. M. López y A. Barrera. 1981. La unidad de habitación tradicional campesina y el manejo de recursos bióticos en el área maya yucatanense. II. Materiales vegetales en la habitación rural tradicional de Cobá, Quintana Roo. Biótica 6(3): 293-323.

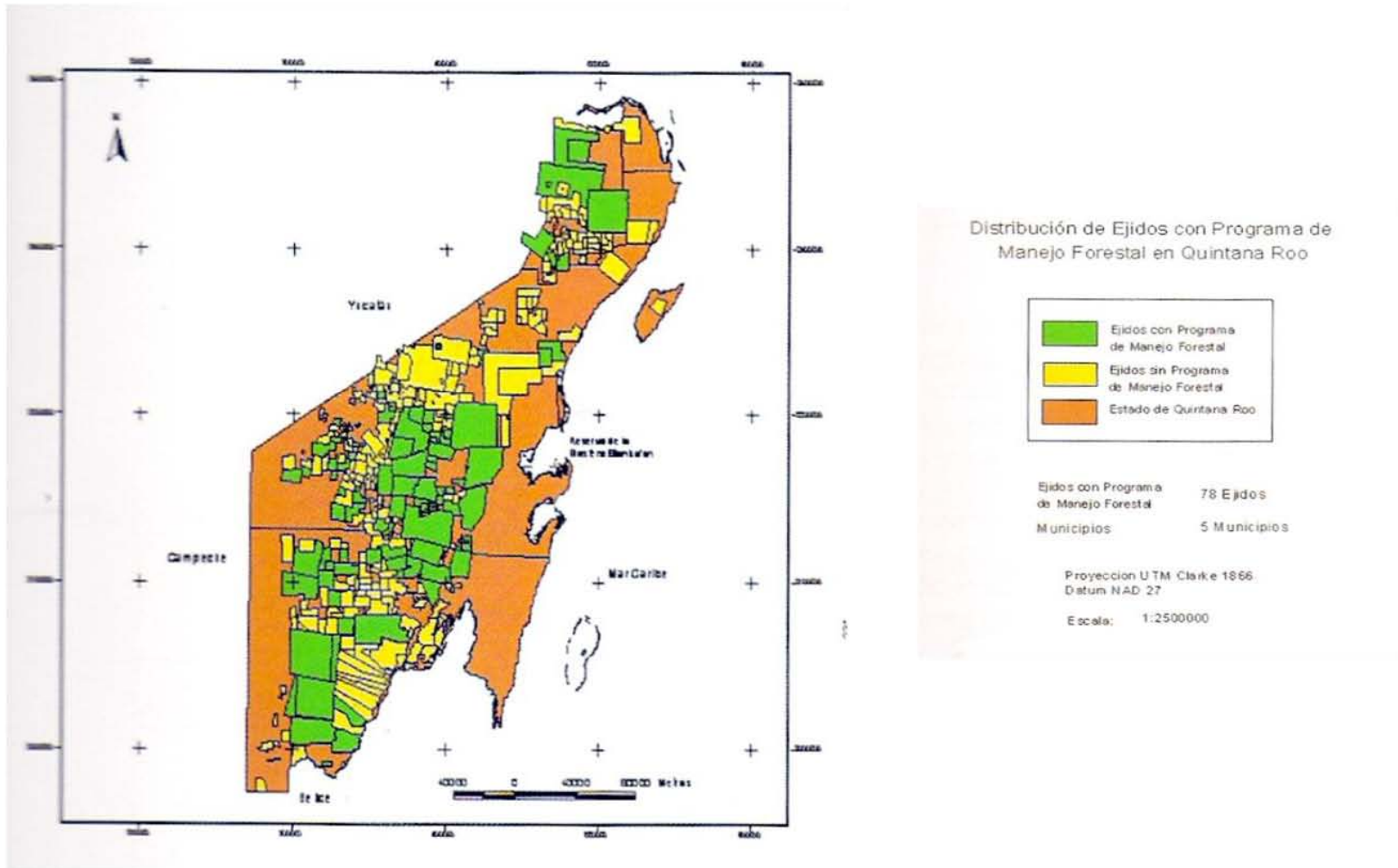


Figura 1. Representación de las áreas forestales permanentes de los ejidos en Quintana Roo. Tomado de Anta y Pérez 2006.

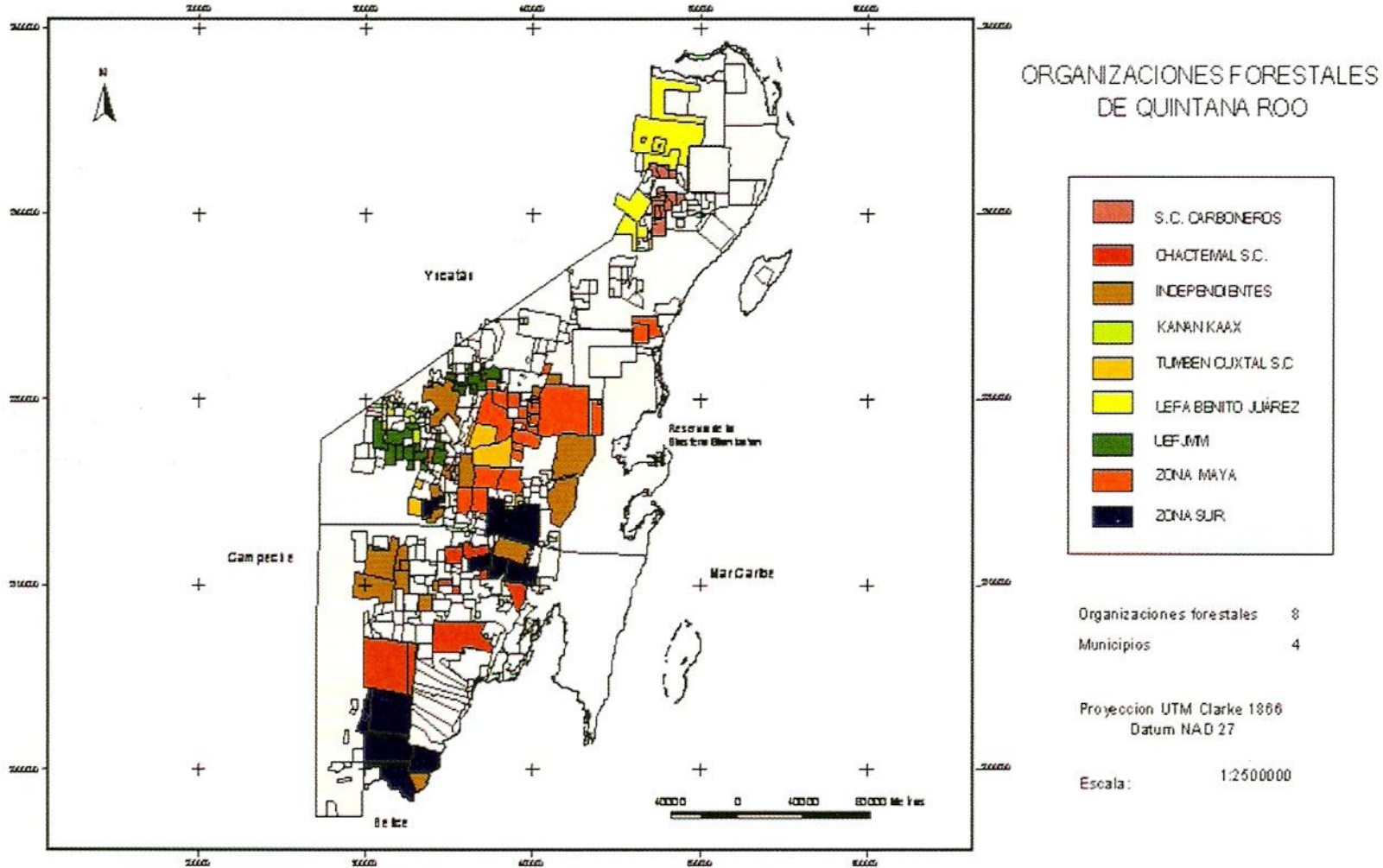


Figura 2. Mapa de cobertura de las Organizaciones Forestales de Quintana Roo. Tomado de Anta y Pérez 2006.

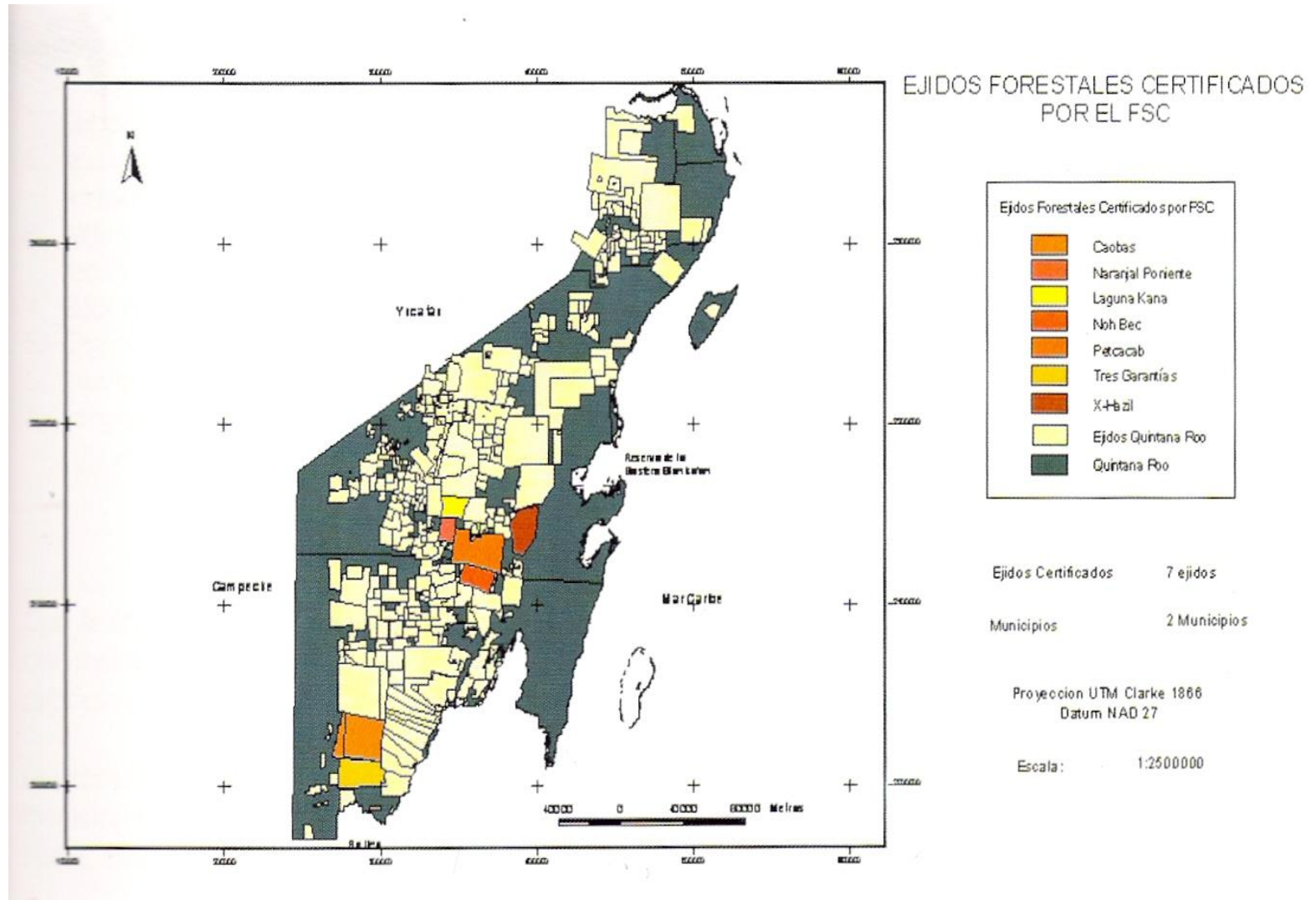


Figura 3. Ejidos Forestales certificados por el Forest Stewardship Council (FSC). Tomado de Anta y Pérez 2006.

Cuadro 1. Área basal de algunas especies estudiadas

Especies	Presencia del área basal (m²)
<i>Acacia gaumeri</i> "kanatzin"	0.26
<i>Caesalpinia gaumeri</i> "kitamche"	2.82
<i>Caesalpinia mollis</i> "chakte'viga"	0.69
<i>Coccoloba acapulcensis</i> "tohyub"	2.57
<i>Coccoloba cozumelensis</i> "ch'ich' boob"	0.03
<i>Coccoloba spicata</i> "bobche"	1.57
<i>Diphysa cartagenensis</i> "tsuts tsut"	0.01
<i>Eugenia capuli</i> "guayabillo"	0.7
<i>Eugenia mayana</i> "sakloob"	0.7
<i>Gliricidia sepium</i> "sak yab"	0.06
<i>Krugiodendron ferreum</i> "chintok"	0.06
<i>Lysiloma latisiliquum</i> "tzalam"	8.05
<i>Myrcianthes fragans</i> var. <i>fragans</i> "xokoka'an"	0.71
<i>Protium schippii</i> "poom"	0.05
<i>Psidium sartorianum</i> "pichi'che"	0.68

Cuadro 2. Valores comparativos del peso específico de algunas especies comerciales y las estudiadas.

Especies comerciales	Peso específico	Longitud de fibras y grosor de pared	Contenidos celulares	Especies no comerciales (estudiadas)	Peso específico	Longitud de fibras y grosor de pared	Contenidos celulares
<i>Astronium graveolens</i> "jobillo"	0.70	Mediana 1342 µm gruesas 6 µm	Tilosis, gomas cristales	<i>Gliricidia sepium</i> "kuchunuk"	0.71	Mediana 1119 µm Gruesas 4 µm	Tilosis, gomas y cristales
<i>Brosimum alicastrum</i> "ox"	0.85	Mediana 1306 µm gruesas 5 µm	Gomas cristales	<i>Senna racemosa</i> "kan-lool"	0.86	Mediana 1110 µm gruesas 6 µm	Gomas cristales
<i>Cordia dodecandra</i> "siricote"	0.80	Mediana 1281 µm gruesas 6 µm	Cristales	<i>Caesalpinia gaumeri</i> "kitamche"	0.81	Mediana 1088 µm gruesas 6 µm	Gomas cristales de silice
<i>Manilkara zapota</i> "chicozapote"	0.90	Mediana 1404 µm muy gruesas 10 µm	Tilosis, gomas, cristales y taninos	<i>Eugenia capuli</i> "guayabillo"	0.90	Mediana 1095 µm gruesas 8 µm	Gomas, cristales
<i>Metopium browneii</i> "chechem"	0.85	Mediana 1445 µm gruesas 7 µm	Gomas, cristales, taninos	<i>Coccoloba spicata</i> "bobche"	0.87	Mediana 1110 µm Gruesas 6µm	Gomas cristales

Cuadro 3. Usos tradicionales y sugeridos de la madera de las veinte especies estudiadas con base en la estructura anatómica y el peso específico.

Especie	Usos tradicionales	Usos sugeridos
<i>Acacia gaumeri</i> "boxkatsim"	Construcción rural en postes, tablas, durmientes y leña.	Para estructuras para muelles, puentes, barcos, pilotes, en partes de maquinaria pesada, lanzaderas para la industria textil, lambrin, pisos, decoración de interiores y muebles finos.
<i>Caesalpinia gaumeri</i> "kitamche"	Construcción rural en traves principales del techo y postes, traves para potrereros, durmientes, leña y carbón.	Para estructuras de puentes, pilotes en posteria para casas rurales y potrereros.
<i>Caesalpinia mollis</i> "chakte"	Construcción rural en postes principales e intermedios de las paredes, tablas y durmientes.	Para construcción pesada, pisos, parquet, adoquin, lambrin, muebles, puertas, marcos para ventanas, mangos para herramientas y pasamanos.
<i>Coccoloba acapulcensis</i> "tohyub"	Construcción rural en las traves que están sujetas en los postes principales para sostener el techo, leña, carbón, postes de cercas y mangos para herramientas.	Para construcción pesada, cubiertas de barcos, pisos de uso pesado como de hoteles, parquet, adoquin, lambrin, muebles, puertas, marcos para ventanas, mangos para herramientas y artículos torneados.
<i>Coccoloba cozumelensis</i> "ch' ich' boob"	Construcción rural , mangos para herramientas y durmientes.	Para construcción pesada, pisos, parquet, adoquin, lambrin, muebles, puertas, marcos para ventanas, mangos para herramientas, decoración de interiores y artículos torneados.
<i>Coccoloba spicata</i> "bobche"	Construcción rural carbón, leña y mangos para herramientas.	Para pisos de construcción pesada, mangos para herramientas y artículos torneados.
<i>Diphysa carthagenensis</i> "sukuk"	Construcción rural en postes de palapas y leña.	Para estructuras de barcos, puentes, muelles, en partes de maquinaria pesada como lanzaderas para la industria textil, pilotes y pisos.
<i>Erythroxylum rotundifolium</i> "ik' iche"	Construcción rural en postes principales.	Para estructura de embarcaciones, chapa para vistas de madera, muebles, molduras y gabinetes.
<i>Eugenia capuli</i> "guayabillo"	Construcción rural en las partes aéreas Melífera.	Para pisos de construcción pesada, mangos para herramientas y artículos torneados.
<i>Eugenia mayana</i> "sakloob"	Construcción rural en las partes aéreas Melífera.	Para artículos torneados, mangos para herramientas, muebles, chapa y juguetes.
<i>Glicicidia sepium</i> "kuchunuk"	Construcción rural en cercas, postes y durmientes.	Para construcción pesada, pisos, duela, mangos para herramientas, escaleras y artículos deportivos.
<i>Hampea trilobata</i> "xcanhol"	Construcción rural Madera suave y blanca que se usa para armazón de casas (bajareques), barandales en interiores ya que no entra la polilla, remos de coyucos y elaboración de mecates.	Para celosías de las casas rurales, puertas de interiores, en decoración para cortineros y palo de escoba.
<i>Krugidendron ferreum</i> "chintok"	Construcción rural en las partes aéreas, no se apolilla; también es buena madera para leña y carbón de buena calidad.	Para chapa para vistas de madera muebles, gabinetes, molduras, cubiertas y forros de embarcaciones.
<i>Leucaena leucocephala</i> "waxim"	Construcción rural en empalizada de casas, postes y tablas.	Para estructuras para barcos, puentes, muelles, en partes de maquinaria pesada, lanzaderas para la industria textil pilotes y pisos.
<i>Lysiloma latisiliquum</i> "tsalam"	Construcción rural , partes de carretas, tira aguas, durmientes, madera cerrada, leña y canceleria.	Para forros de embarcaciones, muebles, gabinetes, chapa para vistas de madera, molduras, cubiertas, carpintería fina y artesanías.
<i>Myrcianthes fragans</i> var. <i>fragans</i> "xokoka' an"	Construcción rural , muebles, palapas, tablas y durmientes.	Para artículos torneados, mangos para herramientas, muebles, chapa para vistas de madera y juguetes.
<i>Pimenta dioica</i> "nukuch pool"	Construcción rural	Para pisos, artículos torneados, mangos para herramientas, muebles finos, decoración de interiores, artículos deportivos y escaleras.
<i>Protium schippii</i> "pom"	Construcción rural , leña y la resina que sale de la corteza, tiene usos medicinales y ceremoniales.	Para celosías de las casas rurales, puertas de interiores, en decoración para cortineros, muebles, cucharas y palo de escoba.
<i>Psidium satorianum</i> "pichi' che"	Construcción rural , durmientes, palapas, leña y carbón.	Para artículos torneados, mangos para herramientas, muebles, pisos, juguetes, chapa para vistas de madera.
<i>Senna racemosa</i> "kan-lool"	Construcción rural en postes de casa, durmientes, leña, cercas y como sustituto del guayacán	Para estructuras para barcos, puentes, muelles, en partes de maquinaria pesada, lanzaderas para la industria textil pilotes y pisos.

CAPÍTULO VI

COMENTARIOS FINALES

Considerando el desconocimiento que se tiene de la dinámica de las selvas, de la variedad y representatividad de las especies maderables que la componen, de sus características estéticas, estructurales y propiedades, aunado al grave problema de la deforestación no solo de la Península de Yucatán, sino a nivel nacional y mundial que se agrava cada año, debido a diversas causas, surgió la inquietud por conocer la estructura de la madera de especies tropicales no conocidas pero que son importantes para los campesinos mayas por los usos tradicionales que tienen por lo que se llevó a cabo el desarrollo de un proyecto de tipo interdisciplinario e interinstitucional que se llevó a cabo en varias fases y permitió obtener la madera para su estudio y resguardo de las especies en la colección de xiloteca anexa al Herbario de la Universidad Autónoma Metropolitana. A través de diversas acciones se concretó la relación académica con las comunidades ejidales de Quintana y Roo y Yucatán, con lo cual se obtuvo la posibilidad de trabajar en el monte con los ejidatarios y estar en contacto con el conocimiento tradicional que tienen de sus selvas, particularmente del recurso forestal maderable.

Los resultados de la investigación bibliográfica en cuanto al conocimiento de la anatomía de las especies consideradas “duras y/o corrientes” es que a pesar de la gran variedad y representatividad que ellas tienen en las selvas mediana subperennifolia y subcaducifolia de los estados de Quintana Roo y Yucatán, son pocos los estudios realizados, por lo que hace falta continuar este tipo de trabajos.

En cuanto al trabajo de campo se encontró:

Los usos tradicionales más frecuentes de la madera de las especies estudiadas son:

- En la construcción de la casa habitación maya
- En la elaboración de durmientes
- En la obtención de leña y carbón

Los resultados de la anatomía de las veinte especies estudiadas reflejan una estructura compacta, pesada, con resistencia mecánica y al biodeterioro. Las principales características que dan estas cualidades son:

- Porosidad difusa, vasos con diámetros pequeños y numerosos con la presencia de contenidos celulares como gomas, mucílagos y tálides.
- Parénquima axial bien representado en las especies con la presencia de cristales y gomas.
- Parénquima radial con rayos bajos, numerosos, con la presencia de cristales, gomas y taninos.
- Fibras de tipo libriforme abundantes.

Las pruebas físico-mecánicas dan como resultado:

- Maderas pesadas con valores del peso específico del 0.57 al 0.8.
- Maderas con alta resistencia mecánica.

Se compararon los valores del peso específico con el de especies comerciales de importancia económica, que tienen alta capacidad de resistencia mecánica y durabilidad natural. Los valores resultantes son muy similares, por ejemplo con los del “chicozapote” cuya presencia en las ruinas mayas demuestra que a pesar del tiempo transcurrido permanece funcionando en los dinteles de las pirámides resistiendo las cargas y los factores ambientales sin haberse sometido a ningún tratamiento con lo que se demuestran los altos valores de resistencia mecánica y al biodeterioro.

El alto valor del peso específico puede considerarse un buen índice para conocer las propiedades de las maderas como lo aseguran varios autores

La relación estructura anatómica y propiedades realizada a través del análisis con microscopía electrónica de barrido da como resultado que aunque todos los elementos celulares intervienen en las propiedades de la madera, las estructuras que más resultaron afectadas en las respuestas a las fuerzas externas que soportan las maderas en los usos de estructuras de la casa maya y en la elaboración de durmientes son: las paredes celulares de las fibras y el parénquima axial. Por otra parte la composición química de las paredes gruesas de los tipos celulares que componen a la madera, celulosa, hemicelulosa y lignina, principalmente, son sustancias que producen energía calorífica, por lo que es eficiente su uso como leña y carbón.

Se justifica la caracterización empírica dada por los campesinos mayas para destinar a estas especies en los usos tradicionales, pero, dadas sus características estéticas, anatómicas y sus propiedades, las especies pueden destinarse a otros usos que permitan su comercialización y aumenten su valor. Esta acción está respaldada porque en los ejidos de Quintana Roo se realizan programas de manejo forestal que tienen como objetivo el adecuado aprovechamiento y conservación de los recursos forestales, lo cual ha favorecido que se hayan logrado la certificación internacional.

Por otra parte los trabajos interdisciplinarios, particularmente con la colaboración de los campesinos, favorecen un mayor logro de resultados con la optimización de recursos humanos y económicos.

ANEXO

DATOS DE COLECTA

Los árboles fueron colectados en la selva mediana subperennifolia presente en tres municipios en el estado de Quintana Roo y en la selva mediana subcaducifolia de un municipio del estado de Yucatán (Fig. 1).

Municipio Benito Juárez, Quintana Roo

Puerto Morelos

Se localiza a los 20° 51" de latitud norte y en los meridianos 86° 53" de longitud oeste. El clima es de tipo Aw_0 (x') (i'), que corresponde a cálido subhúmedo con lluvias en verano y una precipitación media anual de 1105 mm, la temperatura media anual es de 27°C. (Escalante 2000).

La topografía es en su mayoría plana, con ligeras ondulaciones, gran cantidad de roca caliza aflorante y un buen número de concavidades naturales conocidas como rejoyadas. El suelo es de tipo litosol-rendzina. El sistema hidrológico se compone de cenotes, rejoyadas y sarteneja, que son diferentes tipos de formaciones naturales producidas en los suelos de rocas calcáreas, típicas de la Península de Yucatán. El tipo de vegetación predominante es la selva mediana subperennifolia (Escalante 2000).

Municipio Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo

Ejido Felipe Carrillo Puerto

Se localiza a los 19° 34' 43" de latitud norte y en los meridianos 88° 02' 43" de longitud oeste. Tiene una altitud de 30 msnm y una población total de 21530 personas (INEGI 2005). El clima es Aw_0 , Aw_1 y Aw_2 caracterizado como cálido subhúmedo con una temperatura promedio de 25°C con una precipitación anual de 800 a 1000 mm, siendo éstas adecuadas en contenido de humedad para el desarrollo de la vegetación abundante y diversificada (Rebollar 1992, Santos *et al.*, 1998).

La topografía se caracteriza como una planicie. En las localidades de colecta de los árboles se encuentra una variación de tipos de suelos; se conocen los siguientes tipos, que de acuerdo a la clasificación de la FAO-UNESCO corresponden a la clasificación maya y son los siguientes: redzinas (tzeke), vertisol crómico (kankab) y vertisol gleico (yaax hom). El sistema hidrológico tiene características muy particulares, se presentan los cenotes que son fuente de abastecimiento de agua para los pobladores. El tipo de vegetación dominante es la selva mediana subperennifolia (Santos 1997, Santos *et al.*, 1998).

Reserva Sian ka'an

Se localiza a los 19° 05' 00" de latitud norte y en los meridianos 88° 02' 00" de longitud oeste (INEGI 2005). El clima es Aw_1 y Aw_2 caracterizado como cálido subhúmedo con una temperatura promedio de 18°C en otoño-invierno y de 22°C en primavera-verano, con una precipitación media anual de 1190.8 mm.

La topografía de toda la reserva es una llanura que alcanza los 100 msnm. Los suelos presentes son redzinas, litosol, litosol-rendzina, luvisol crómico, regosol calcáreo y gleysol calcáreo. En la reserva se presentan diferentes tipos de cuerpos de agua, cenotes, ojos de agua, lagunas interiores, lagunas costeras, entre otros. En toda la

reserva se presentan diversos tipos de vegetación como manglares, retenes, marismas, y de selvas la mediana subperennifolia, las medianas y bajas subcaducifolias y selvas bajas inundables (CIQRO-SEDUE 1983). Las localidades de colecta se ubican en la selva mediana subperennifolia.

Municipio Othón P. Blanco, Quintana Roo

Ejido Cafetal Limones

Se localiza a los 19° 01´ y 19° 27´ de latitud norte y en los meridianos 88° 06´ y 88° 30´ de longitud oeste. Tiene una altitud de 25 msnm, con un registro una población total de 1961 personas y una extensión ejidal de 20,681 hectáreas (INEGI 2005). El clima es AW₁, cálido subhúmedo; con una temperatura promedio de 25°C.

La topografía como en el resto del estado es una planicie. El tipo de suelo es vertisol gleico (yaax hom). En la hidrología se encuentran cenotes y rejoyadas. La localidad de colecta comprende el área de una selva mediana subperennifolia (Dirección Técnica Forestal OEPFZM S.C. 2000).

Ejido Tres Garantías

Se localiza a los 19° 22´ 22" de latitud norte y en los meridianos 88° 10" de longitud oeste. Tiene una altitud que varía entre 30 a 300 msnm (INEGI 2005). El clima es Aw₁ tiene una temperatura media anual de 24 a 26°C; con una mínima media de 21°C de diciembre a enero y de mayo a septiembre de 28°C. La precipitación media anual es de 1100 a 1300 mm. La dirección dominante de los vientos alisios es de oeste a suroeste. Los "nortes" llegan a finales del otoño y principios del invierno. La humedad relativa del aire es de 75 a 95% durante gran parte del año, debido a las brisas marinas que traen los vientos alisios.

La topografía es básicamente plano y el subsuelo es de sedimentos calcáreos, con fuerte disolución por la presencia casi constante de agua, hace que el sistema hidrográfico superficial de la región este muy poco desarrollado. El suelo que se encuentra es redzinas (tzekel). El sistema hidrológico se compone de ríos, bajos (lugares donde se colecta el agua en el temporal de lluvia) y lagunas. La colecta de las especies se realizó en una selva mediana subperennifolia. (Dirección Técnica Forestal. Organización de Ejidos Productores Zona Sur de Quintana Roo. S.C. 1991).

Municipio Oxkutzkab, Yucatán

Xul

Se localiza a los 20° 10´ de latitud norte y en los meridianos 88° 31´ de longitud oeste, con una altitud de 60 msnm (INEGI 2005). El clima según la carta de climas en Mérida es AW''1(i) g, con una precipitación y temperatura promedio anual de 1000 mm y 26°C respectivamente.

La topografía presenta tres formas, los cerros más altos hasta 100 m. aproximadamente y las elevaciones con alturas aproximadas de 10 m. Al pie de los cerros se encuentran partes planas de poca extensión, siendo la mayor de 40 ha. Los suelos por su formación geológica de eras recientes son jóvenes y poco desarrollados, según datos basados en el Sistema de Clasificación de la FAO/UNESCO en 1970, presentados por Sanabria (1986) se distribuyen en todo el espacio geográfico: el cambisol crómico, eutrítico, rendzina, luvisol férrico y litosol. La hidrología presenta

cenotes, haltunes y sartenejas (Sanabria 1986). La colecta de las especies se hizo en una selva mediana subcaducifolia.

DATOS BOTÁNICOS DE LOS ÁRBOLES DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS

Acacia gaumeri Blake

Nombre común: "kanatzin" "boxkatsim" (Barrera *et al.*, 1976)

Árbol de 13 m de alto y 20 cm de diámetro; corteza formada por placas fáciles de desprender de color grisáceo; hojas bipinnadas compuestas; flores en espigas de color blanco amarillentas; fruto en vainas aplanadas de color negro al madurar. (Téllez *et al.*, 1982; Cabrera *et al.*, 2001) (Lám. I).

Distribución en México: Península de Yucatán. Nativa. (Arellano *et al.*, 2003, Escalante 1986).

Caesalpinia gaumeri Greenm.

Nombre común: "kitamche" (Barrera *et al.*, 1976).

Árbol 12 m de alto y 34.5 cm de diámetro; corteza escamosa de color pardo grisáceo; hojas bipinnadas; flores en racimos amarillos axilares; fruto en vainas aplanada de color pardo amarillento brillantes (Pennington y Sarukhán 2005) (Lám. I, VI).

Distribución en México: Oaxaca y Península de Yucatán. Nativa (Pennington y Sarukhán 2005, Escalante 1986).

Caesalpinia mollis Spreng.

Nombre común: "chakte-viga" "chakte" (Barrera *et al.*, 1976).

Árbol 12 m de alto y 20 cm de diámetro; corteza externa formada por placas difíciles de desprender de color castaño rojizo oscuro de diferentes tonalidades con manchas blanquecinas de líquenes; hojas bipinnadas; flores en racimos de color amarillo brillante; fruto en vaina aplanada de color pardo oscuras (Cabrera *et al.*, 2001) (Lám. I).

Distribución en México: Península de Yucatán. Nativa. (Escalante 1986).

Coccoloba acapulcensis Standl.

Nombre común: "tohyub" (Barrera *et al.*, 1976).

Datos botánicos: Árbol de 12 m de alto y 21.2 cm de diámetro; corteza formada por placas de varios tamaños de color grisáceo amarillento; hojas alternas simples; flores en espigas; fruto en drupas de color verde tornándose negro (Cabrera *et al.*, 2001) (Lám. I, VII).

Distribución en México: Guerrero, Oaxaca, Chiapas y Península de Yucatán. (Ortiz 1994).

Coccoloba cozumelensis Hemsl.

Nombre común: "ch'ich'boob" (Barrera *et al.*, 1976).

Árbol de 9 m de alto y 20 cm de diámetro; hojas alternas simples; inflorescencia terminal, solitaria y espigada; fruto subgloboso, con aquenio incluido en los lóbulos del perianto expandido (Ortiz 1994) (Lám. II).

Distribución en México: Campeche, Chiapas, Tabasco, Quintana Roo y Yucatán (Ortiz 1994).

Coccoloba spicata Lundell

Nombre común: "bobche" (Barrera *et al.*, 1976).

Árbol de 10 m de alto y 19 cm de diámetro; corteza fisurada, negruzca; hojas alternas simples; inflorescencia terminal espigada con flores solitarias de color blanquecino;

fruto subgloboso, con aquenio incluido en los lóbulos del perianto expandido de color café oscuro (Cabrera *et al.*, 2001) (Lám. II).

Distribución en México: Península de Yucatán. Nativa (Escalante 1986, Ortiz 1994).

Diphysa carthagenensis Jacq.

Nombre común: "tsuts tsuts" "sukuk" (Barrera *et al.*, 1976).

Árbol de 9 m de alto y 25 cm de diámetro; corteza escamosa de color castaño oscuro; hojas pinnadas; flores en racimos axilares de color amarillo; fruto legumbre aplanada. (Téllez *et al.*, 1982) (Lám. II).

Distribución en México: Tabasco y Península de Yucatán. Nativa (Escalante 1986).

Erythroxylum rotundifolium Lunan

Nombre común: "ik'iche'" (Sosa *et al.*, 1985)

Árbol de 10 m de alto y 18 cm de diámetro; hojas simples pequeñas; flores de color amarillo claro; fruto de verde a rojo. (Lám. II).

Distribución en México: Península de Yucatán (Sosa *et al.*, 1985).

Eugenia capuli (Schlech. & Cham.) Berg.

Nombre común: "guayabillo".

Árbol de 12 m de alto y 20 cm de diámetro; corteza es amarillenta y escamosa; hojas son opuestas y simples lanceoladas; inflorescencia son racimos cortos dispuestos en las ramas maduras, los pétalos blanco-amarillentas; fruto drupas esféricas de color amarillo brillante al madurar (Cabrera *et al.*, 2001) (Lám. III).

Distribución en México: Jalisco, Sinaloa, Tamaulipas y Península de Yucatán. Nativa (Escalante 1986).

Eugenia mayana Standl.

Nombre común: "sakloob" (Barrera *et al.*, 1976).

Árbol de 12 m de alto y 25 cm de diámetro; hojas son ovadas o elípticas; inflorescencia en racimos cortos dispuestos en las ramas maduras, los pétalos glabros; fruto drupas esféricas de color negro (Lám. III).

Distribución en México: Quintana Roo y Yucatán (Sosa *et al.*, 1985).

Gliricidia sepium (Jacq.) Steud.

Nombre común: "sak jab" "kuchunuk" (Barrera *et al.*, 1976).

Datos botánicos: Árbol de 10 m de alto y 19.4 cm de diámetro; corteza formada por placas fibrosas difíciles de desprender de color grisáceo y castaño amarillento; hojas dispuestas en espiral imparipinnadas; flores en racimos de color lila con manchas amarillentas en el centro; fruto es una vaina dehiscente de color verde amarillentas (Téllez *et al.*, 1982; Pennington y Sarukhán 2005) (Lám. III, VII).

Distribución en México: Vertiente de Golfo desde Tamaulipas y San Luis Potosí; al norte de Puebla y Veracruz hasta Chiapas. En la vertiente del Pacífico desde Sinaloa hasta Chiapas y Península de Yucatán. Nativa. (Pennington y Sarukhán 2005, Escalante 1986).

Hampea trilobata Standl.

Nombre común: "xcanhol" (Barrera *et al.*, 1976).

Datos botánicos: Árbol de 10 m de alto y 23 cm de diámetro; corteza escamosa de color pardo oscura; hojas simples; flores en racimos de color blanco con amarillo; fruto cápsulas esférica de color negro (Cabrera *et al.*, 2001, Orellana 2007) (Lám. III).

Distribución en México: Tabasco y Península de Yucatán. Nativa. (Cabrera *et al.*, 1982, Escalante 1986).

Krugiodendron ferreum (Vahl.) Urban

Nombre común: “chintok” (Barrera *et al.*, 1976).

Árbol de 10 m de alto y 20 cm de diámetro; corteza profundamente fisurada de color gris claro; hojas semiopuestas ovales cordadas en el ápice; flores dispuestas en racimos axilares de color amarillento; fruto drupa de color negro al madurar (Cabrerá *et al.*, 2001) (Lám. IV).

Distribución en México: Quintana Roo y Yucatán (Arellano *et al.*, 2003).

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit

Nombre común: “waxim” (Barrera *et al.*, 1976).

Árbol de 10 m de alto y 19.2 cm de diámetro; corteza lisa ligeramente fisurada de color pardo rosado; hojas bipinnadas; flores cabezuelas solitarias de color blanco; fruto vainas aplanadas de color moreno brillantes (Pennington y Sarukhán 2005) (Lám. IV).

Distribución en México: vertiente del Golfo desde Tamaulipas al norte de Veracruz y Península de Yucatán. Y en la del Pacífico Sonora y Sinaloa hasta Chiapas (Pennington y Sarukhán 2005).

Lysiloma latisiliquum (L.) Benth.

Nombre común: “tsalam” (Barrera *et al.*, 1976).

Datos botánicos: Árbol de 9 m de alto y 25 cm de diámetro; corteza lisa a finamente fisurada de color gris pardusca; hojas bipinnadas; flores cabezuelas solitarias o agrupadas axilares de color blanco; fruto vainas aplanadas de color moreno oscuras (Pennington y Sarukhán 2005) (Lám. IV, VI).

Distribución en México: Tabasco, Chiapas y Península de Yucatán. Nativa. (Pennington y Sarukhán 2005, Escalante 1986).

Myrcianthes fragans (Swartz) Mc Vaugh var. *fragans*

Nombre común: “xokoka’an” (Sosa *et al.*, 1985).

Árbol de 10 m de alto y 21 cm de diámetro; corteza formada por placas difíciles de desprender de color castaño rojizo y castaño amarillento; hojas glabras de elípticas a ovaladas o obovoide; inflorescencia con flores solitarias usualmente sésiles de color blanco o amarillo claro; fruto subgloboso de color negro al madurar (Cabrerá *et al.*, 2001) (Lám. IV, VII).

Distribución en México: Tamaulipas y Península de Yucatán. Nativa. (Escalante 1986).

Pimenta dioica (L.) Merr.

Nombre común: “pimienta gorda” “nukuch pool” (Sosa *et al.*, 1985).

Árbol de 11 m de alto y 28 cm de diámetro; corteza lisa que se desprende en escamas muy delgadas y alargadas, pardo verdosa o amarillenta con manchas moreno rojizas; hojas simples decusadas elípticas; flores en panículas axilares de color blanco; fruto bayas aplanadas en el ápice y verrugosas (Téllez *et al.*, 1982; Pennington y Sarukhán 2005) (Lám. V, VI).

Distribución en México: Veracruz, Tabasco, Chiapas, Oaxaca, Campeche y Quintana Roo (Pennington y Sarukhán 2005).

Protium schippii Lundell

Nombre común: “poom” “pom” (Barrera *et al.*, 1976).

Datos botánicos: Árbol de 12 m de alto y 17 cm de diámetro; corteza lisa pardo grisáceo; hojas imparipinnadas; inflorescencia en panículas axilares de color verde amarillento; fruto drupa globosa (Lám. V).

Distribución en México: Quintana Roo (Arellano *et al.*, 2003).

Psidium sartorianum (O. Berg) Nied.

Nombre común: “pichi’che” (Sosa *et al.*, 1985).

Árbol de 9 m de alto y 23.3 cm de diámetro; corteza formada por escamas largas fáciles de desprender de color blanco y castaño rojizo claro; hojas decusadas simples; flores solitarias sésiles de color blanco; fruto bayas de color amarillo claro (Pennington y Sarukhán 2005) (Lám. V, VII).

Distribución en México: Vertiente del Golfo desde el norte de Veracruz hasta el norte de Chiapas, la depresión central y sur de Tabasco, Península de Yucatán, en la vertiente del Pacífico desde Baja California Sur hasta Chiapas. Nativa (Pennington y Sarukhán 2005, Escalante 1986).

Senna racemosa (Mill.) H. S. Irwin & Barneby

Nombre común: "xk'anlol" (Sosa *et al.*, 1985).

Árbol de 9 m de alto y 24 cm de diámetro; corteza semilisa, de color crema a verdosa; hojas compuestas paripinnadas; flores en racimos de color amarillo intenso; fruto legumbre aplanada falta color (Téllez *et al.*, 1982, Orellana *et al.*, 2007) (Lám. V, VI).

Distribución en México: De Veracruz a la Península de Yucatán, Oaxaca y Chiapas. Nativa (Escalante 1986).

REFERENCIAS

- Arellano, J., S. Flores, J. Tun y M. Cruz. 2003. Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales de la Península de Yucatán. Etnoflora Yucatanense. Fascículo 20. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. 815 p.
- Barrera, A. M., A. Barrera y R. M. López. 1976. Nomenclatura Etnobotánica Maya. Una interpretación taxonómica. INAH-SEP. Centro Regional del Sureste. 36. Colección Científica. Etnología. México.
- Cabrera, E., M. Sousa., O. Téllez. y A. López-Ornat. 1982. Imágenes de la flora quintanarroense. Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO). Puerto Morelos, Quintana Roo, México. 224 p.
- Cabrera, E., S. A. Torres Pech y A. Curtis. 2001. Catálogo de árboles del Jardín Botánico "Dr. Alfredo Barrera Marín". Manuscrito. Puerto Morelos, Quintana Roo, México. ECOSUR. Chetumal, Quintana Roo, México. 111 p.
- CIQRO-SEDUE, 1983. Sian ka'an. Estudios preliminares de una zona de Quintana Roo propuesta como reserva de la biosfera. Centro de Investigaciones de Quintana Roo. Puerto Morelos, Quintana Roo. 209 p.
- Dirección Técnica Forestal de la OEPFZM S.C. (Organización Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya S.C.). 2000. Informe de paso de año 2000 del ejido Cafetal Limones. Organización de Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya S. C. Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo. México.
- Dirección Técnica Forestal de la Organización de Ejidos Productores Forestales de Quintana Roo. Zona Sur. S.C. 1991. Documento Interno 17 p.
- Escalante, S. 1986. La Flora del Jardín Botánico del Centro de Investigaciones de Quintana Roo A.C. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. México.
- Escalante, S. 2000. Flora del Jardín Botánico. 27-47 *In*: El Jardín Botánico Dr. Alfredo Barrera Marín: fundamentos y estudios particulares. O. Sánchez y G. A. Islebe (eds.). CONABIO. ECOSUR. San Cristóbal de las Casas, Chiapas. México.

- FAO/UNESCO. 1970. Soil map of the world. (Cartographic material). Food and Agriculture Organization of the United Nations and UNESCO
- INEGI, (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2005. II Censo de población y vivienda. Quintana Roo. INEGI. <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/conteo2005/iter2005/selentcampo.aspx>
- Orellana, R., L. Carrillo y V. Franco. 2007. Árboles recomendables para las ciudades de la Península de Yucatán. Unidad de Recursos Naturales. Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. (CICY). Mérida, Yucatán. 78 p.
- Ortiz, J. J. 1994. Polygonaceae. Etnoflora Yucatanense. Fascículo 10. Universidad Autónoma de Yucatán.. Sostenibilidad Maya. 61 p.
- Pennington, T. D. y J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para identificación de las principales especies. 3ª edición. Fondo de Cultura Económica. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 523 p.
- Rebollar, L. 1992. Planificación del recurso forestal maderable del ejido Felipe Carrillo Puerto. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 102 p.
- Sanabria, O. L. 1986. Etnoflora Yucatanense: El Uso y Manejo Forestal en la Comunidad de Xul, en el Sur de Yucatán. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Fascículo 2. Xalapa, Veracruz. 191 p.
- Santos, V. J. 1997 La organización campesina y su importancia en la autogestión y manejo de los recursos forestales: una experiencia en la Organización de Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya S. C. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México.
- Santos, V. J., M. Carreón y K. C. Nelson. 1998. La Organización de Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya. Un proceso de investigación participativa. Serie: Estudios de caso sobre participación campesina en generación, validación y transferencia de tecnología. Red de Gestión de Recursos Naturales. Fundación Rockefeller. 129 p.
- Sosa, V., J. S. Flores, V. Rico-Gray, R. Lira y J. J. Ortiz. 1985. Lista florística y sinonimia Maya. Etnoflora Yucatanense. INIREB. Fascículo 1. Xalapa, Veracruz, México. 225 p.
- Téllez, O., Sousa, y E. Cabrera. 1982. Imágenes de la flora quintanarroense Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO). Puerto Morelos, Quintana Roo, México. 224 p.

LOCALIDADES DE COLECTA

1. Puerto Morelos
2. Central Vallarta
3. Yuras
4. Limones
5. Cafetal
6. Trea Garantías
7. Xul

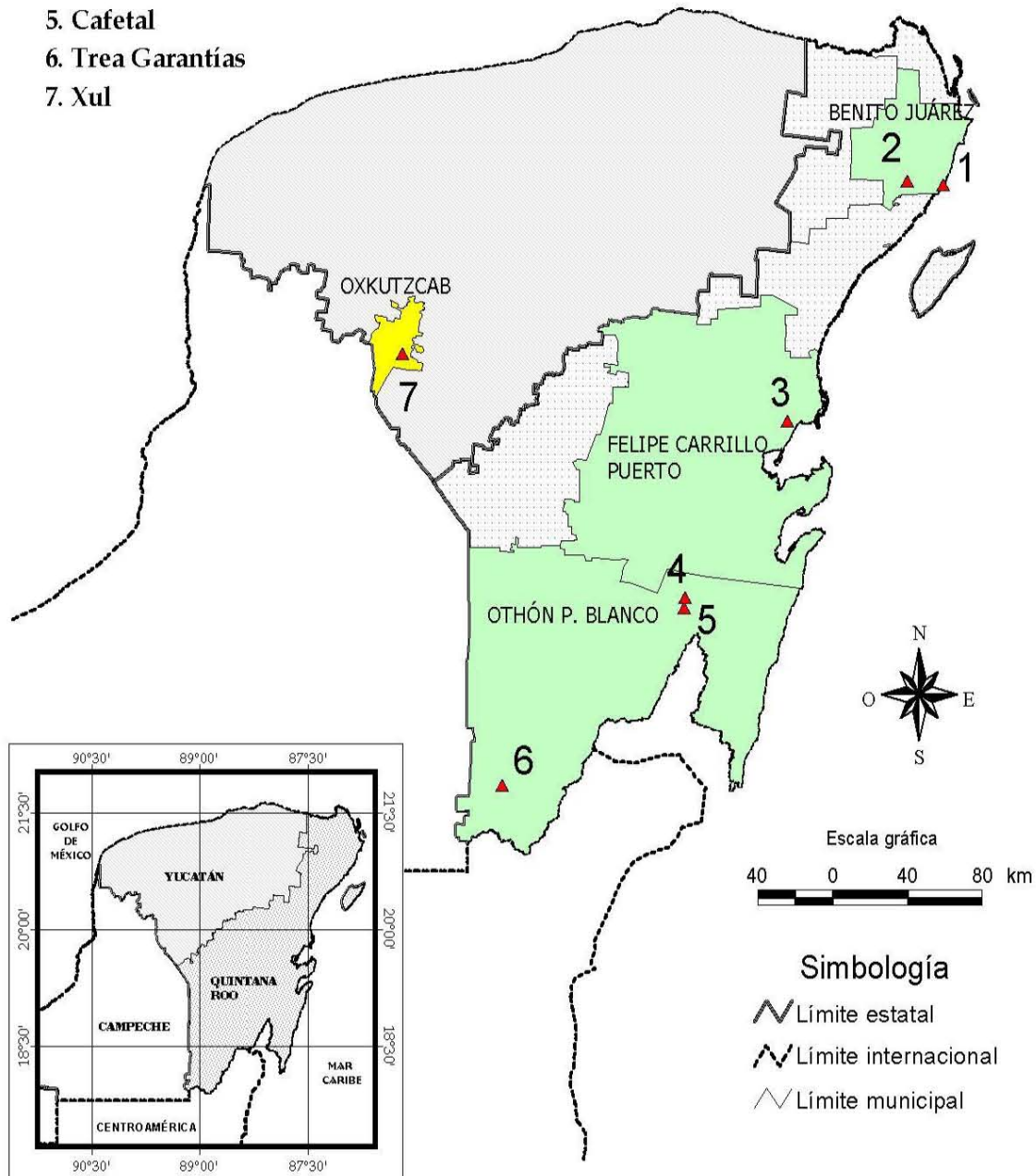


Figura 1. Localidades de colecta de la madera en la Península de Yucatán.

Cuadro 1. Lista de especies estudiadas y localidades de colecta.

Nombre científico	Nombre común	Familia	Localidad de colecta
<i>Acacia gaumeri</i> Blake	"kanatzin"	Leguminosae	Ejido Los Ángeles Othón P. Blanco, Q. Roo
<i>Caesalpinia gaumeri</i> Greenm.	"kitamche"	Leguminosae	Puerto Morelos Benito Juárez, Q. Roo
<i>Caesalpinia mollis</i> Spreng.	"chakte- viga"	Leguminosae	Xul Oxkutzcab, Yucatán
<i>Coccoloba acapulcensis</i> Standl.	"xtohyub"	Polygonaceae	Puerto Morelos Benito Juárez, Q. Roo
<i>Coccoloba cozumelensis</i> Hemsl.	"ch'ich'boob"	Polygonaceae	Puerto Morelos Benito Juárez, Q. Roo
<i>Coccoloba spicata</i> Lundell	"bobche"	Polygonaceae	Sian ka'an Rancho el Yuras. Felipe Carrillo Puerto, Q. Roo
<i>Diphysa carthagenensis</i> Jacq.	"tsuts tsuts"	Leguminosae	Ejido Tres Garantías Othón P. Blanco, Q. Roo
<i>Erythroxylum rotundifolium</i> Lunan	"ik'che"	Erythroxylaceae	Ejido Felipe Carrillo Puerto. Felipe Carrillo Puerto, Q. Roo
<i>Eugenia capuli</i> (Schlech. & Cham.) Berg.	"guayabillo"	Myrtaceae	Ejido Cafetal Limones Othón P. Blanco, Q. Roo
<i>Eugenia mayana</i> Standl.	"sakloob"	Myrtaceae	Ejido Cafetal Limones Othón P. Blanco, Q. Roo
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud.	"sak jab"	Leguminosae	Puerto Morelos Benito Juárez, Q. Roo
<i>Hampea trilobata</i> Standl.	"xcanhol"	Malvaceae	Ejido Felipe Carrillo Puerto. Felipe Carrillo Puerto, Q. Roo
<i>Krugidendron ferreum</i> (Vahl.) Urban	"chintok"	Rhamnaceae	Puerto Morelos Benito Juárez, Q. Roo
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	"waxim"	Leguminosae	Puerto Morelos Benito Juárez, Q. Roo
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth.	"tzalam"	Leguminosae	Sian ka'an Rancho el Yuras. Felipe Carrillo Puerto, Q. Roo
<i>Myrcianthes fragans</i> (Swartz) Mc Vaugh var. <i>fragans</i>	"xokoka'an"	Myrtaceae	Puerto Morelos Benito Juárez, Q. Roo
<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	"pimienta gorda"	Myrtaceae	Ejido Central Vallarta Benito Juárez, Q. Roo
<i>Protium schippii</i> Lundell	"poom"	Burseraceae	Ejido Felipe Carrillo Puerto. Felipe Carrillo Puerto, Q. Roo
<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg) Nied.	"pichi'che"	Myrtaceae	Puerto Morelos Benito Juárez, Q. Roo
<i>Senna racemosa</i> (Mill.) H. S. Irwin & Barneby	"xk'anlol"	Leguminosae	Puerto Morelos Benito Juárez, Q. Roo



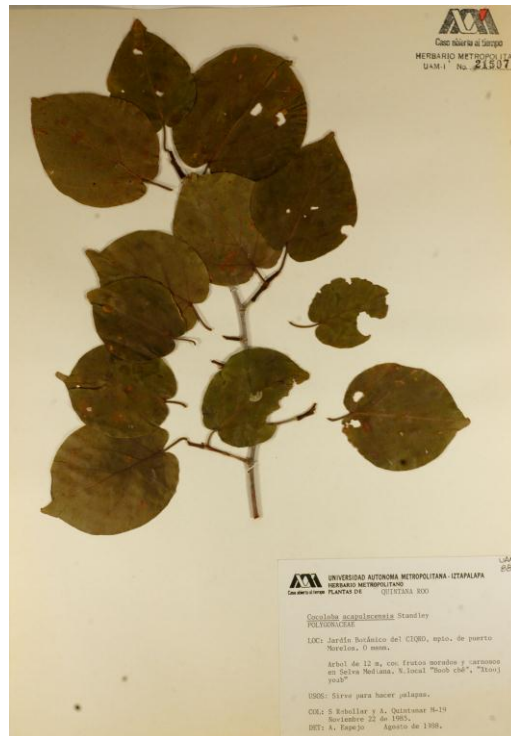
Acacia gaumeri



Caesalpinia gaumeri



Caesalpinia mollis



Coccoloba acapulcensis

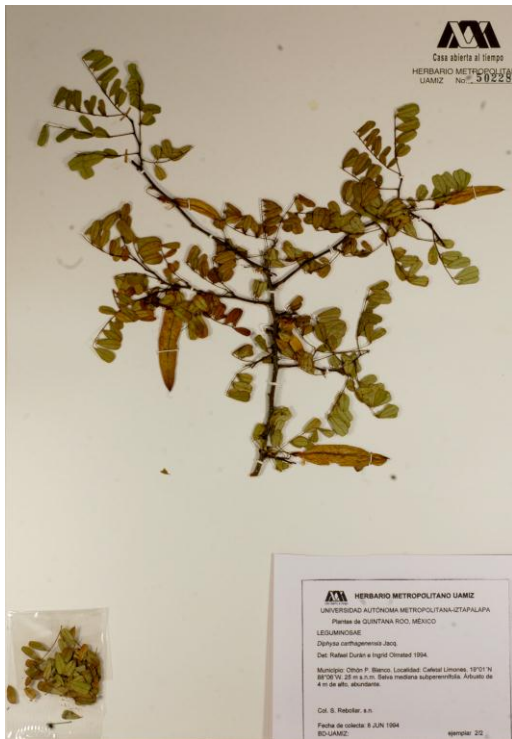
Lámina I . Ejemplares de herbario de las especies estudiadas.



Coccoloba cozumelensis



Coccoloba spicata



Diphyssa carthagenensis



Erythroxylum rotundifolium

Lámina II . Ejemplares de herbario de las especies estudiadas.



Eugenia capuli



Eugenia mayana



Gliricidia sepium



Hampea trilobata

Lámina III . Ejemplares de herbario de las especies estudiadas.



Krugiodendron ferreum



Leucaena leucocephala



Lysiloma latisiliquum



Mircianthes fragans var. *fragans*

Lámina IV . Ejemplares de herbario de las especies estudiadas



Pimenta dioica



Protium schippii



Psidium sartorianum



Senna racemosa

Lámina V . Ejemplares de herbario de las especies estudiadas

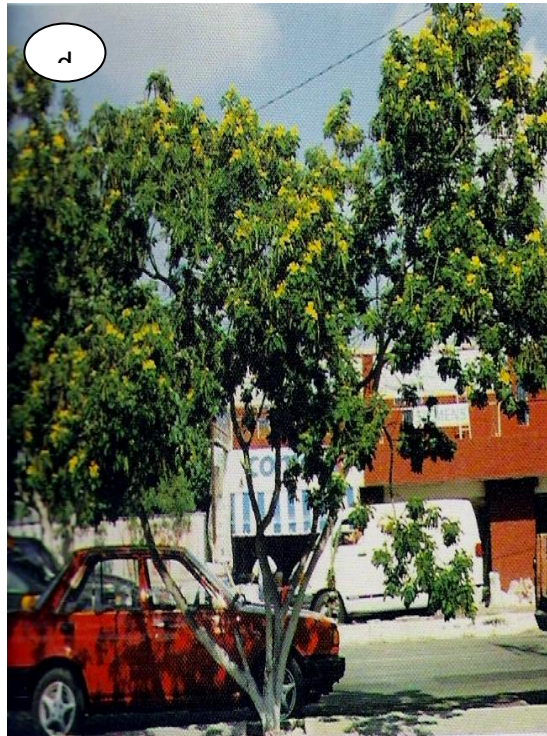
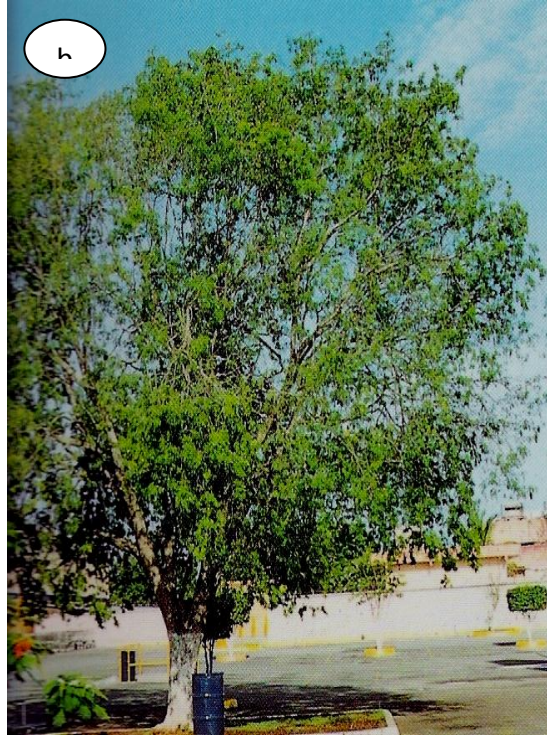
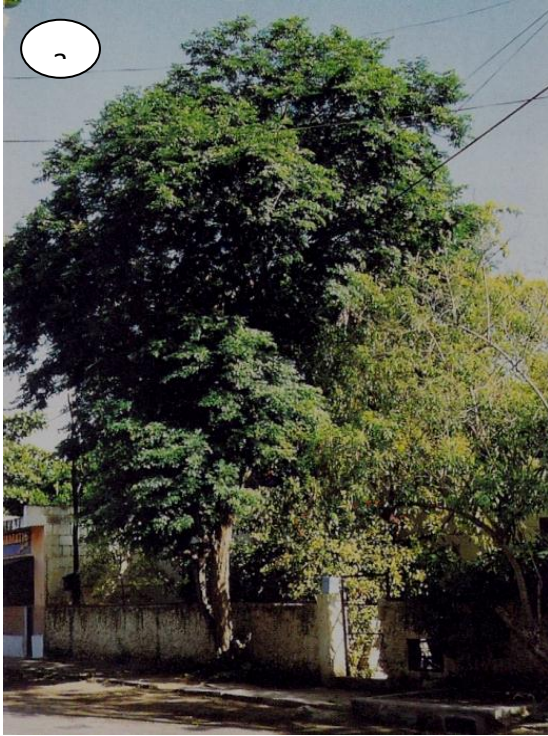


Lámina VI. Morfología de algunos árboles estudiados, especies recomendadas para su uso en ornato. a. *Caesalpinia gaumeri*. b. *Lysiloma latisiliquum*. c. *Pimenta dioica*. d. *Senna racemosa*. Tomado de Orellana et al., 2007.

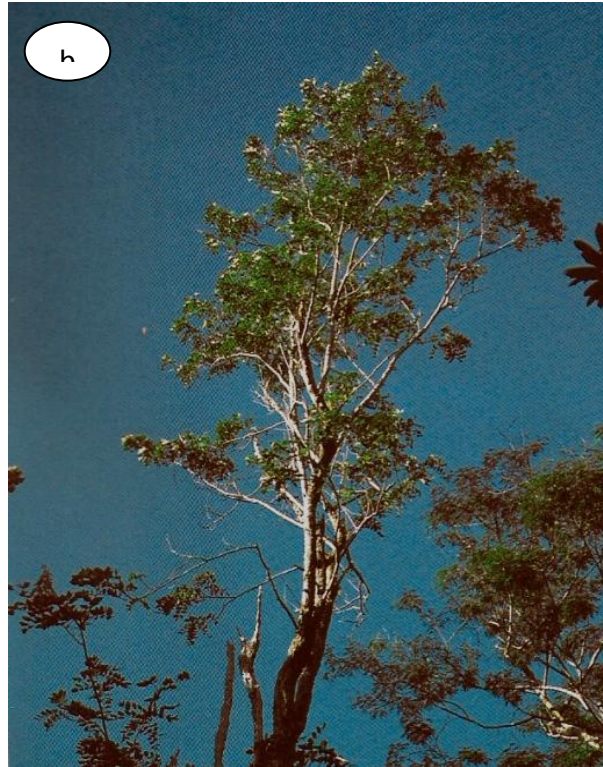
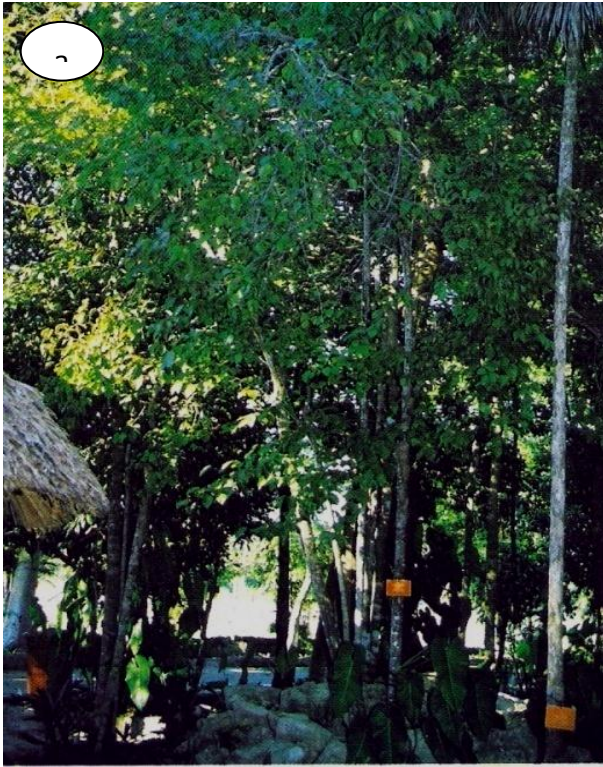


Lámina VII. Morfología de algunos árboles estudiados. a *Coccoloba acapulcensis*. b. *Gliricidia sepium*. c. *Myrcianthes fragans* var. *fragans*. d. *Psidium sartorianum*. Tomado de Rebollar *et al.*, 2000.