

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Características anatómicas y propiedades mecánicas de la madera de *Oecopetalum mexicanum* Greenm. & C.H. Thomps. (Icacinaceae) de la sierra de Misantla, Veracruz, México

Mechanical properties and anatomical characteristics of *Oecopetalum mexicanum* Greenm. & C.H. Thomps. (Icacinaceae) wood of the la sierra de Misantla, Veracruz, Mexico

Maite Lascurain², Guillermo Angeles-Álvarez¹,
Fernando Ortega Escalona¹, Víctor Rubén Ordóñez Candelaria²,
Mirna Ambrosio⁴ y Sergio Avendaño³

RESUMEN

Se describe por primera vez la anatomía de la madera de *Oecopetalum mexicanum* (cachichín) Greenm. & C.H. Thomps., la cual es una especie que crece en los bosques y ecosistemas de café de la sierra de Misantla, Veracruz, México. Con el fin de conocer sus posibles usos, se determinaron las propiedades mecánicas en flexión, del tipo: esfuerzo en el límite de proporcionalidad, trabajo unitario en el límite de proporcionalidad, módulo de elasticidad, módulo de ruptura y trabajo unitario a carga máxima; en compresión paralela a la fibra, como lo fue el esfuerzo máximo, esfuerzo en el límite de proporcionalidad y módulo de elasticidad. Todo ello, en su madera en condición verde. Se investigó también la densidad relativa básica de cada muestra, así como el diámetro, la distribución y densidad de los vasos, la abundancia y distribución del parénquima axial y radial. A partir de macerados, se identificó el tamaño de los elementos de vaso, tamaño de las fibras y contenidos celulares. La descripción anatómica se basó en la IAWA List of microscopic features for hardwood Identification (IAWA 1989). Los resultados obtenidos a la fecha indican que la madera del cachichín tiene resistencia similar a la del pino y, en algunas propiedades, incluso lo supera. Por lo tanto, es apta para la construcción, siempre y cuando se utilice todo el tronco y solo cuando sea posible aserrarla, se usarán piezas prismáticas aserradas.

PALABRAS CLAVE:

Anatomía de la madera, *Oecopetalum mexicanum*, Propiedades mecánicas en flexión, Sierra de Misantla, Veracruz, México.

ABSTRACT

The wood anatomy of *Oecopetalum mexicanum* Greenm. & C. H. Thomps. is described for the first time. This species grows in the forest and coffee ecosystem of the sierra de Misantla, Vera-

1 Departamento de Ecología Funcional. Xalapa, Veracruz, México. guillermo.angeles@inecol.edu.mx; fernando.ortega@inecol.edu.mx

2 Unidad de Recursos Forestales. maite.lascurain@inecol.edu.mx; victor.ordonez@inecol.edu.mx

3 Departamento de Biodiversidad y Sistemática. sergio.avendaño@inecol.edu.mx

4 Departamento de Flora del Bajío. Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro, Michoacán. mirna@inecolbajio.edu.mx

cruz, Mexico. In order to recommend possible uses, mechanical properties essays of different types were carried out. These were: bending, like stress at proportional limit, unit work to proportional limit, modulus of elasticity, modulus of rupture, and unit work to maximum load in bending; parallel compression to grain, like maximum strength, stress at proportional limit and modulus of elasticity. All these essays were performed in green wood condition. For each sample, specific gravity was obtained. Vessel diameter, density and distribution, and estimation of abundance and distribution of axial and radial parenchyma were measured from permanent slides. Fiber and vessel elements length, as well as cell contents, were determined from macerated wood samples. Anatomical descriptions were made according to the IAWA List of microscopic features for hardwood identification (IAWA 1989). The results so far obtained suggest that el cachichín wood is as resistant as pine wood and, for some mechanical properties, this is better than pine wood. Therefore, it is apt as building material, provided the whole bole is used; only if dimensions allowed, it could be saw for making prismatic pieces.

KEY WORDS:

Wood anatomy, *Oecopetalum mexicanum*, Mechanical properties in bending, Sierra de Misantla, Veracruz, Mexico.

INTRODUCCIÓN

Para hacer más eficiente el uso de nuestros recursos naturales, es preciso contar con la información tecnológica que facilite la optimización de los procesos de su transformación. En el caso de *Oecopetalum mexicanum* Greenm. & C.H. Thomps. de la familia Icacinaceae, conocido con el nombre común de "cachichín", su aprovechamiento como árbol de sombra de cafetales es muy conocido, al igual que sus frutos que son comestibles y representan una fuente de ingresos relativamente importante en la sierra de Misantla. Esta sierra se localiza en el estado de Veracruz, México y en una de

sus localidades se realizó la colecta de material para realizar el trabajo de laboratorio, mismo que conforma la parte principal del presente estudio. La madera de estos árboles se utiliza para fabricación de muebles rústicos, cuando son derribados porque ya no producen suficientes frutos, o porque se requiere abrir claros en el cafetal o cambiar este cultivo por otra actividad más rentable. No obstante que el uso de los árboles de cachichín es muy antiguo en la región Misanteca, hasta el momento se desconocen las propiedades anatómicas y tecnológicas de su madera. Con el fin de contribuir al conocimiento de esta madera, que permita su aprovechamiento más integral, se presentan algunas de sus propiedades físicas y su descripción anatómica. Con base en esto, se sugieren algunos usos adecuados a sus propiedades mecánicas.

Botánica

La familia Icacinaceae está conformada por aproximadamente 60 géneros y 400 especies; la mayoría de éstas tienen distribución tropical pero algunas crecen en zonas templadas. En el estado de Veracruz (México) se registran las siguientes cuatro especies: *Calatola mollis*, *C. laevigata*, *Mappia racemosa* y *Oecopetalum mexicanum* (Gutiérrez, 1994).

Oecopetalum mexicanum fue descrita por Greenman y Thompson en 1914 basándose en una colecta de Purpus de 1912, proveniente de Misantla, Veracruz. Esta especie aparte de crecer en Veracruz también se reporta para Chiapas y Guatemala (Gutiérrez, 1994). Se conoce con los nombres comunes de cacaté y cacaté de septiembre (Simojovel, Chiapas), cachichín (Misantla, Veracruz), jamacuquiaca (lengua zoque, Tapalapa, Chiapas) (Martínez, 1987). *Oecopetalum greenmanii* Standl. & Steyererm. se distribuye en México

(Chiapas y Tabasco), Guatemala y Costa Rica. Actualmente no se cuenta con la información de usos o los nombres comunes que se le aplican a esta especie.

De acuerdo con Gutiérrez (1994), *O. mexicanum* es un árbol o arbusto de 2-25 m de altura, las ramas son glabras o pubescentes. Las hojas son simples, pecioladas, haz verde oscuro, envés verde claro, elíptico-lanceolado, de 15-25 cm de largo, 7-10 cm de ancho, glabras, margen entero, ápice apiculado. La inflorescencia es de tipo terminal o axilar, la flor posee cinco pétalos blancos, oblongo-lanceolados con anteras amarillas; el fruto es una drupa verde y café (al madurar), globosa, rugosa, glabra de 2 a 3 cm de largo, 1 a 2 cm de ancho, glabra. La semilla es de color blanco.

Área de estudio

La sierra de Misantla también llamada de Chiconquiaco, está localizada en la parte central del estado de Veracruz, en la vertiente del Golfo de México (19° 52' y 21° 02' latitud norte y 96° 46' y 97° 59' longitud oeste). Está formada por un complejo de cañadas y barrancas con importantes cerros como el Algodón, Maquilquilitán, San Miguel y Santa Rita. La vegetación y el clima de la sierra están conformados por tres unidades fisiográficas: pinares que corresponden al clima templado húmedo C(fm)B(c)g (Gutiérrez, 1993; Gómez-Pompa, 1966) y se encuentran a 2100–2500 msnm; el bosque caducifolio o mesófilo tiene un clima semicálido húmedo (A)C(fm) a(c) (Gutiérrez, 1993, Gómez-Pompa, 1966) y se desarrolla a 1100–2100 msnm. El tercer ecosistema es la selva alta subperennifolia y le corresponde un

clima cálido húmedo Af (m)(c) con lluvias todo el año y una altitud de 400–1100 msnm (Gutiérrez, 1993, Gómez-Pompa, 1966).

En la región de Misantla, el cachichín es más frecuente de observar desde los 400 a 1100 msnm, prospera en suelos húmedos, laderas pronunciadas y cerca de caídas de agua. Puede encontrarse como especie primaria en ecotonos de bosque caducifolio o mesófilo y selva alta subperennifolia. Algunas de las especies que caracterizan estos ecotonos son: *Beilschmiedia anay* (escalán), *Ulmus mexicana* (olmo), *Calatola mollis* (calatola), *Persea schiedeana* (pagua), *Pseudomedea oxiphilaria* (tepetomate), *Ficus cooki* (en Chiapas, en la Lacandona le dicen “mutut” o “motut”, “chumiz” y “Jitzicui”; como a muchos otros *Ficus*, también se le conoce como “higo” o “higuera”) y *Nectandra sp.* (laurel). También se le localiza en la selva alta subperennifolia en la región misanteca. Las especies más comunes de este tipo de vegetación son: *Brosimum alicastrum* (ojite o ramón), *Cedrela odorata* (cedro), *Guarea grandifolia* (pozote), *Asplundia labela* (cola de pescado), *Alchornea latifolia* (calabacillo), *Beilschmiedia anay* (escalán) y *B. mexicana* (escalanique), entre otras (Gutiérrez, 1993; Gómez-Pompa, 1966). Otra área donde el cachichín se desarrolla es en el sistema agroforestal de café, donde es utilizado como árbol de sombra.

La colecta de las muestras de madera se realizó en la localidad Roca de Oro, municipio de Yecuatla, Veracruz. Sus coordenadas son 19° 52' y 21° 02' latitud norte y 96° 46' y 97° 59' longitud oeste, su altitud promedio es de 1000 msnm y se ubica aproximadamente a 10 kilómetros al sur de la ciudad de Misantla (Fig. 1).



Figura 1.

Localización del sitio de colecta en el Municipio de Yecuatla, Veracruz.

OBJETIVOS

Determinar las propiedades mecánicas en flexión (Esfuerzo en el Límite de Proporcionalidad ELP, Módulo de Elasticidad MOE, Módulo de Ruptura, MOR) y en compresión paralela a la fibra (ELP, MOE, MOR) de la madera del cachichín (*Oecopetalum mexicanum* Greenm. & C.H. Thoms.) en condición verde.

Identificar la densidad relativa básica de esa madera.

Describir la anatomía de la madera y proporcionar sugerencias sobre su uso.

MATERIALES Y METODOS

Pruebas mecánicas

Las pruebas para determinar las propiedades mecánicas de la madera, tanto en flexión estática como en compresión paralela a la fibra, se llevaron a cabo utilizando la norma de ASTM D143-94 (ASTM, 2005a) de acuerdo con los incisos 6, 8, 9 y 21. Para la determinación de la densidad relativa básica de la madera se usó la norma ASTM D2395-94 (ASTM, 2005b) siguiendo el método "B". En este trabajo sólo se realizaron los ensayos con material en verde y aplicando los métodos secundarios establecidos en la norma ASTM.

El equipo utilizado en las pruebas fue:

- Máquina Universal de pruebas de 250 kN. Con las celdas Interface 1220-50k y la 1210-2k
- Transductores de deformación Transtek 0242 para medir deflexiones en flexión y Omega LD400-2.5 para las deformaciones en compresión paralela.

Obtención de probetas

Las probetas se obtuvieron de la madera colectada en dos parcelas con café, ubicadas en la localidad de Roca de Oro, municipio de Yecuatla, Veracruz, en donde se derribaron tres árboles de 11 años de edad y con un diámetro de 15 cm cada uno. Se obtuvo una troza de 125 cm de longitud por árbol. La tabla 1 detalla, para cada uno de los tres árboles muestreados, el número que se les ha asignado en las bitácoras y registros del LINCE-Laboratorio de pruebas de productos maderables del Instituto de Ecología, A.C. También se anota la altura de los árboles, largo del fuste comercial y la categoría de dificultad que presenta el aserrado de su madera.

Estudio anatómico

Las muestras para este estudio se obtuvieron también de los tres árboles colec-

tados. A cada uno se le cortó una troza de más de 125 cm de alto. Después se ajustó su longitud a esta medida con una motosierra y a partir de los 125 cm se les cortó una rodaja de 5 cm de espesor. De cada rodaja se obtuvieron dos cubos de 1,5 cm por lado, perfectamente orientados de acuerdo con los planos de la madera. De ellos se obtuvieron cortes transversales, radiales y tangenciales de 15 μ m de espesor, usando un micrótopo de deslizamiento.

Los cortes se tiñeron diferencialmente con safranina "O" acuosa al 1% y verde rápido al 0,1% en alcohol de 96°. Se montaron en resina sintética disuelta en xilol. Se obtuvieron fotomicrografías digitales con un microscopio marca Nikon, modelo Eclipse E600.

Los cubos empleados en la obtención de cortes histológicos se aprovecharon para obtener imágenes digitales al microscopio electrónico de barrido (MEB). Para ello, con una navaja desechable se redujo su volumen un 60% y después se deshidrataron en una estufa a 60 °C, durante 72 horas. Una vez secos, se montaron en barriles de bronce de 6 mm de diámetro y se cubrieron con oropaladio. Después en ellos se hicieron observaciones con un MEB marca JEOL modelo JSM-5600, utilizando un voltaje de aceleración de 20 KeV y un haz de electrones de 28 μ m.

Tabla 1. Datos de la colecta de *Oecopetalum mexicanum*

No. de árbol ¹	Altura Total cm	Largo fuste comercial cm	Aserrado
192	340	130	fácil
193	530	190	fácil
194	700	200	fácil

¹ Número consecutivo dado a las probetas en el LINCE-LP

Para obtener material disociado se obtuvieron astillas de madera de aproximadamente 3 mm de espesor. Aproximadamente diez de estas astillas se sumergieron en una solución de volúmenes iguales de peróxido de hidrógeno y ácido acético glacial en un tubo de ensayo, a 50 °C durante 24 horas (Johansen, 1940). Posteriormente, los elementos celulares ya disociados (fibras, elementos de vaso y parénquima) se lavaron y tiñeron con Pardo de Bismarck al 2% en solución acuosa (Johansen, 1940). Después de teñido el material, se lavó abundantemente con agua. Las células disociadas se montaron en gelatina glicerizada. En estas preparaciones se midieron las longitudes de fibras y la de elementos de vaso, así como el diámetro de sus punteaduras. Otros caracteres obtenidos del material disociado fueron: diámetro total y espesor de pared de fibras, tipos de punteaduras de vaso a vaso y de vaso a radio. Las descripciones de los caracteres microscópicos de la madera se realizaron de acuerdo con la lista de IAWA (1989).

RESULTADOS

Pruebas mecánicas

La tabla 2 muestra los resultados de las pruebas de flexión estática en pequeñas probetas. En los casos donde no se presentan los valores de incertidumbre de los resultados, se debe a que el equipo de medición no cuenta con información para obtener estos valores.

La madera

Madera con albura y duramen de similar color, rosa HUE 7.5YR 8/4 o amarillo rojizo HUE 7.5YR 8/6 a 7/6. Carece de olor y sabor. Tiene veteado suave dado principalmente por los límites de las zonas de crecimiento y los radios. Su textura es mediana, el lustre alto, el hilo es recto y su dureza media. La figura 2 (A-F) muestra los planos característicos de la madera de cachichín.

Tabla 2. Resultados de pruebas de flexión estática en pequeñas probetas.
Norma ASTM D143 incisos 8.

Condición: Verde
Especie: *Oecopetalum mexicanum*
Número (s) de árbol: 192, 193 y 194

RESULTADOS (SI)							
Clave	Esfuerzo en el límite de proporcionalidad	Trabajo unitario en el límite de proporcionalidad	Módulo de elasticidad	Módulo de ruptura	Trabajo unitario a carga máxima	Contenido de humedad	Densidad básica relativa
	MPa	N-mm/mm ³	GPa	MPa	N-mm/mm ³	%	pa/vv
FEV-192-A1	32,5	0,0079	7,6	60,4	0,173	113	0,556
FEV-192-A2	32,0	0,0073	8,1	60,9	0,183	117	0,545
FEV-193-A1	30,7	0,0056	9,3	65,0	0,141	107	0,563
FEV-193-A2	32,1	0,0070	8,3	58,4	0,130	107	0,561
FEV-193-A4	37,0	0,0085	8,8	66,1	0,110	105	0,571
FEV-194-A1	33,7	0,0067	9,9	65,3	0,101	101	0,576
FEV-194-A2	40,3	0,0090	10,0	69,9	0,145	102	0,569
Promedio	34,1	0,0074	8,9	63,7	0,140	107	0,563
d.e.	3,4	0,0011	0,9	4,0	0,030	6	0,010
c.v.	10	15	10	6	22	5	2
n	7	7	7	7	7	7	7
Incertidumbre de los resultados	± 0,683	--	± 0,234	± 0,937	--	0.008	0.0006

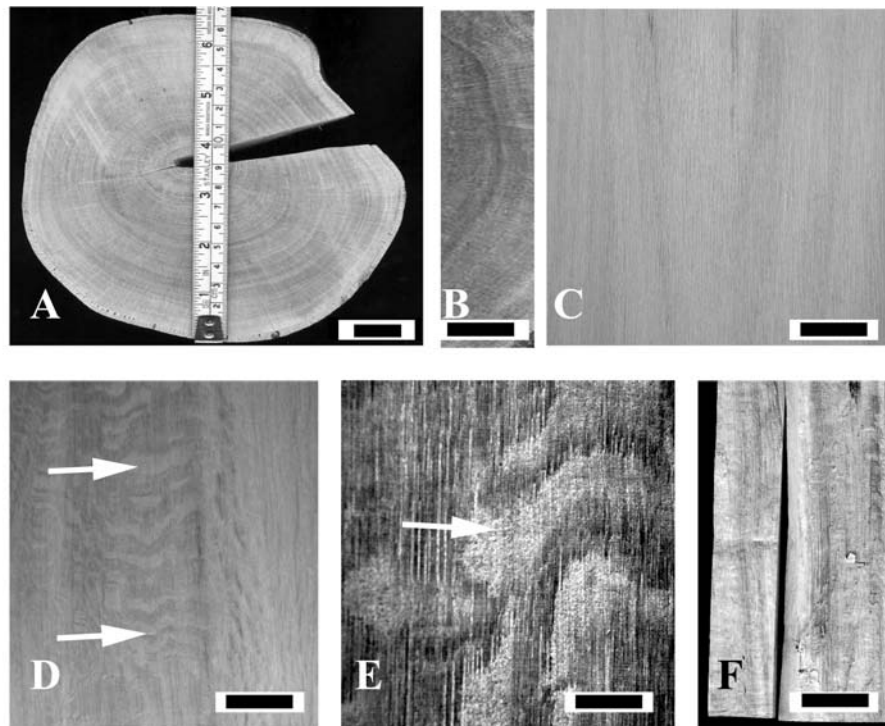


Figura 2
Características de la madera de *Oecopetalum mexicanum* (cachichín).

A. Plano transversal, mostrando aparentes anillos de crecimiento. B. Detalle de A. C. Plano tangencial. D. Plano radial. Las flechas muestran los radios parenquimáticos. E. Detalle de un radio (flecha); F. Hilo recto de la madera. Escalas: A= 2mm; B = 20mm; C = 10mm; D = 10mm; E = 20mm; F = 5mm.

Descripción anatómica

La tabla 3 presenta en resumen las características anatómicas sobresalientes de la madera del cachichín.

Porosidad

Madera con porosidad difusa y zonas de crecimiento demarcadas por un cambio en la abundancia de poros, notándose donde una zona con muchos poros colinda con otra de menos y el ancho de

ambas zonas es muy variable. Las zonas con menor cantidad de poros resaltan en oscuro porque en ellas además es muy escaso el parénquima axial (Fig. 3A). Los poros son de contorno anguloso a redondo u oval (Fig. 3B) y se disponen de la siguiente manera: solitarios (55%), múltiples radiales de 2 a 5 (5%), múltiples oblicuos de 2 a 3 (21%), múltiples tangenciales de 2 a 4 (15%) y los agregados de 3 a 7 (4%). En cuanto a abundancia, existen en promedio 28 poros por mm^2 y su diámetro tangencial es de 63 μm en promedio.

Tabla 3. Resultados de pruebas de compresión paralela a la fibra en pequeñas probetas.

Norma ASTM D143 incisos 8. Condición verde

Clave	RESULTADOS (SI)					RESULTADOS (MKS)		
	Esfuerzo en el límite de proporcionalidad	Módulo de elasticidad	Esfuerzo máximo	Contenido de humedad	Densidad básica relativa	Esfuerzo en el límite de proporcionalidad	Módulo de elasticidad	Esfuerzo máximo
	MPa	GPa	MPa	%	pa/vv	kg/cm ²	Mg/cm ²	kg/cm ²
CPV-192A-01	-	7,8	24,5	109	0,531	-	79	249
CPV-192A-02	16,5	8,5	23,6	96	0,543	169	87	241
CPV-193A-01	16,2	9,1	24,7	91	0,569	165	92	252
CPV-193A-02	15,7	8,2	21,6	98	0,567	160	83	220
CPV-194A-01	15,0	10,0	25,9	79	0,553	153	102	264
CPV-194A-02	16,2	11,3	24,1	87	0,560	165	116	246
Promedio	15,9	9,2	24,1	93	0,554	162	93	245
Desv.	0,6	1,3	1,4	10	0,015	6	14	14
c.v.	4	15	6	11	3	4	15	6
n	5	6	6	6	6	5	6	6
Incertidumbre de los resultados	No se reportan valores en el caso de compresión paralela. Prueba no acreditada. Sin calibrar transductor de deformación			± 0.008	± 0.0006	No se reportan valores en el caso de compresión paralela. Prueba no acreditada. Sin calibrar transductor de deformación		

Elementos de vaso

Los elementos de vaso presentan una longitud de 2020 μm en promedio. La mayoría tienen en sus extremos cola o lígula (Fig. 4 A-D) y placa de perforación escalariforme con 20 a 55 barras delgadas (en promedio 36), muchas de ellas se anastomosan (Fig. 4D, F, G). Las punteaduras de vaso a vaso son de dos tamaños: las pequeñas son areoladas y ornamentadas, su disposición es irregular, aunque tienden a presentarse como opuestas o alternas (Fig. 4C, E); las grandes son alargadas simples o escalariformes y su diámetro promedio es mayor a 10 μm (Fig. 4A). Este último tipo de punteaduras prevalece en los campos de cruce o áreas de la pared de los vasos que hacen contacto con los radios, donde también puede haber algunas punteaduras pequeñas, areoladas (Fig. 4E).

Parénquima axial

Es apotraqueal difuso y abundante (Fig. 3B). En el plano tangencial las series de parénquima axial son de 2 a 15 células, con 8 en promedio.

Parénquima radial

Los radios son uniseriados (40%) y multiseriados (60%) de 2 a 10 células de ancho (Fig. 3C,D). Los primeros son de 2 a 43 células de alto, con un promedio 15. Los segundos pueden o no tener porción uniseriada pero su área multiseriada está compuesta de una combinación aleatoria de células procumbentes, cuadradas y erectas. Las cuadradas pueden mostrarse como células marginales cuando no hay porción uniseriada (Fig. 4C, F) o como células envolventes, formando una vaina incompleta a completa que delimita la porción multiseriada.

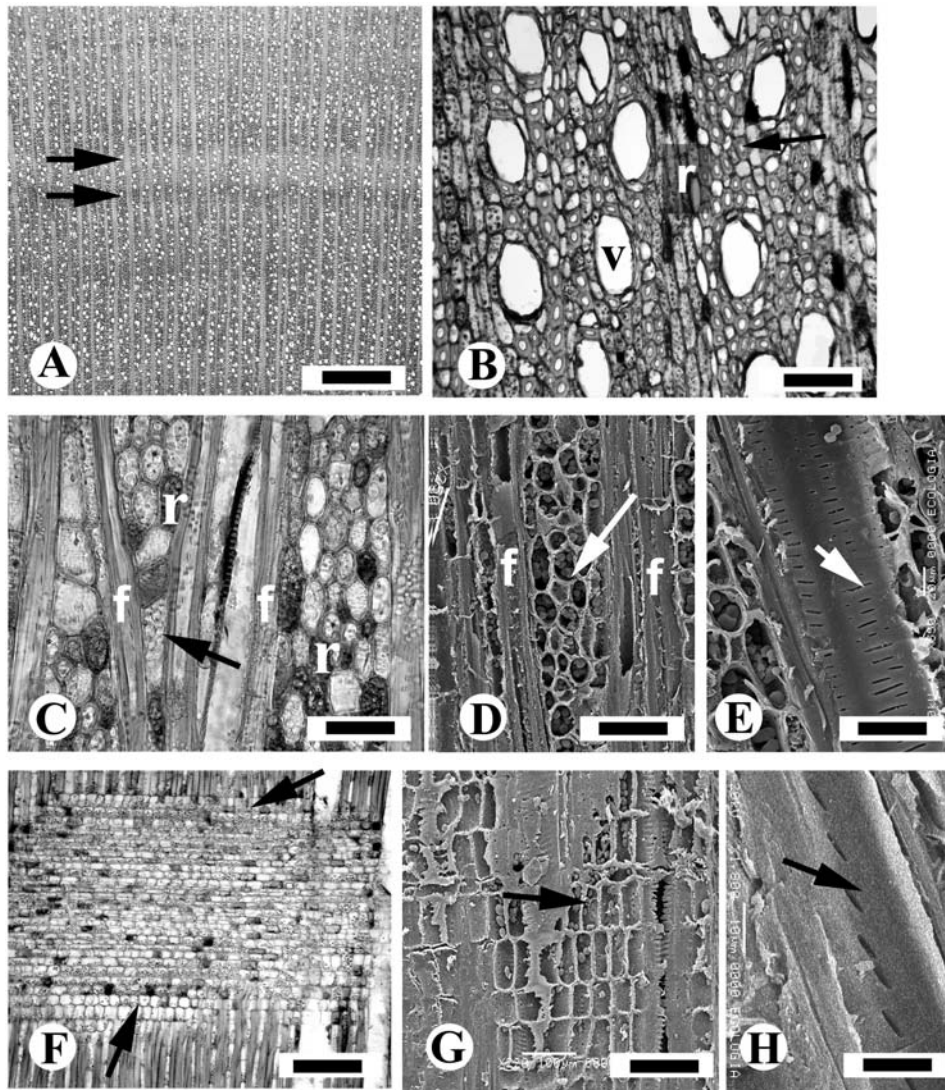


Figura 3
Características anatómicas de la madera de *Oecopetalum mexicanum*.

A. Corte transversal. La porosidad es difusa. Las flechas delimitan una zona de crecimiento. B. Detalle de A, mostrando los vasos (v). La flecha apunta a una fibra de pared gruesa. Radios (r) con abundante almidón. C. Corte tangencial. Fibras (f). Radios (r) con células alargadas en los extremos (flecha). D. Vista tangencial al MEB. La flecha señala los granos de almidón en los radios. Fibras (f) flanqueando a los radios. E. Fibro traqueida con puntaduras simples, alargadas (flecha). F. Corte radial. Ambos extremos formados por varias células erectas (flechas). G. Vista radial al MEB. Células erectas (flecha), con algunos granos de almidón. H. Fibra libriforme, con puntaduras simples (flecha).

Escalas: A = 800µm; B = 100µm; C = 80µm; D, E = 20µm; F = 70µm; G = 100 µm; H = 10µm.

Tabla 4. Características anatómicas microscópicas de *Oecopetalum mexicanum*.

	CARÁCTER	X	MODA	MÍN.	MÁX.	DE	
VASOS	No./mm ²	28	25	13	45	5.05	
	* Diámetro tangencial	63	66	30	90	12.03	
	No. de barras	35	35	18	55	6.54	
	* Longitud	2020	1800	1296	3348	342.05	
PARÉNQUIMA RADIAL	Uniseriados	No./mm tangencial	13	12	8	17	1.96
		* Altura	942	1000	120	3000	537.40
		* Ancho	21	18	12	30	4.59
		No. de células	15	9	2	43	8.76
	Poliseriados	* Altura	2774	2000	320	7200	1378.70
		* Ancho	155	120	80	480	56.95
		No. de series	6	5	2	10	1.77
FIBRAS	* Longitud	2705	2880	1680	3888	369.98	
	* Diámetro	41	40	24	60	5.56	
	* Grosor de pared	13	12	8	24	2.20	

* Valores en μm , X = Media, DE = Desviación Estándar

Los radios uniseriados tienen en promedio 942 μm de alto y 21 μm de ancho; los multiseriados tienen en promedio 2774 μm de alto y 155 μm de ancho. Tomados en conjunto, los radios multiseriados y uniseriados se cuentan en promedio 13/mm.

Fibras

Las fibrotraqueidas tienen punteaduras areoladas, con areolas pequeñas. Son largas, en promedio de 2705 μm , 41 μm de diámetro y 13 μm de grosor de pared (Fig. 3E). Las fibras libriformes tienen punteaduras simples (Fig. 3H).

Contenidos

Se presentan profusamente granos de almidón en los parénquimas axial y radial (Fig. 3D-E, 4G). En las células del parénquima radial, hay algunos cristales cúbicos, romboidales o poliédricos, además abundancia de taninos (Fig. 3B,C).

DISCUSIÓN

La anatomía de la madera del cachichín muestra ciertas peculiaridades, que pueden estar incidiendo en las propiedades mecánicas. Las fibras son largas (IAWA, 1989), con una longitud promedio de más de 2 mil μm y un grosor de pared de 13 μm . Esta cualidad le confiere a la

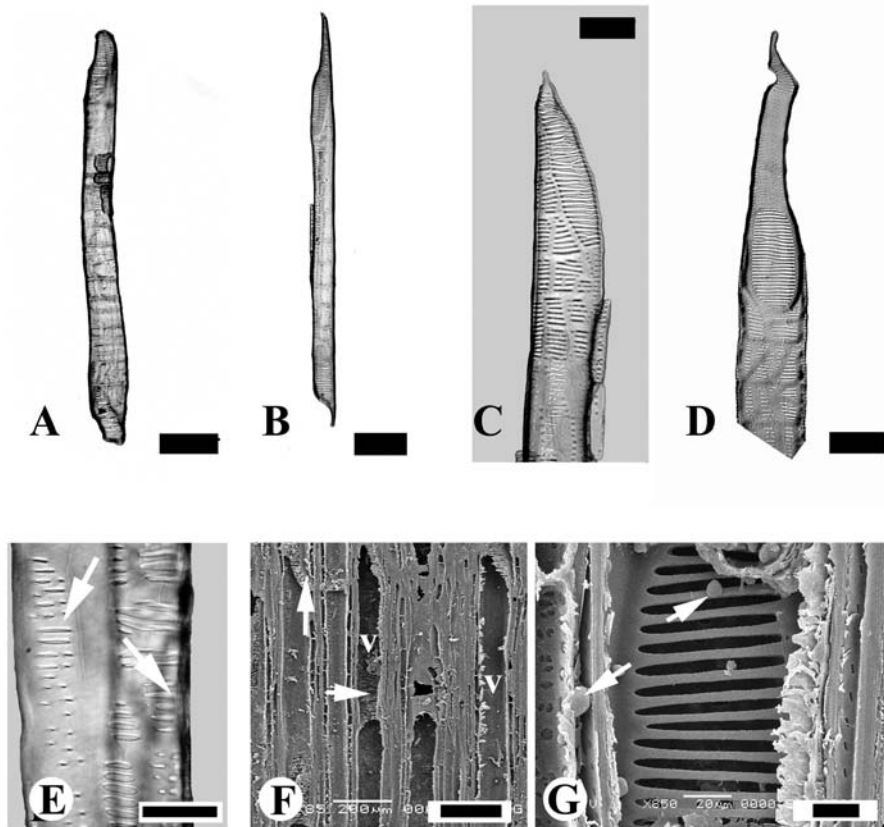


Figura 4. Elementos de vaso. A. Sin cola o lígula. B. Con colas o lígulas en ambos extremos. C. Terminación sin cola. D. Terminación con cola. E. Punteaduras de vaso a vaso (flecha izquierda); de vaso o radio (flecha derecha). F. Vista radial al MEB. Elementos de vaso (v) con plastinas escalariformes (flechas). G. Platina escalariforme con granos de almidón (flechas).

Escalas: A, B: 120 μ m; C, D: 60 μ m; F: 200 μ m; G: 20 μ m

madera resistencia mecánica a la compresión, flexión y tensión (Bárcenas-Pazos *et al.*, 2005). Como las fibras predominan en la composición anatómica de la madera de esta especie, es de esperarse que sean éstas las que determinen las propiedades mecánicas de la madera en sentido paralelo a la fibra. Por otro lado, los radios parenquimáticos de esta madera son altos y gruesos (IAWA,

1989), coalescentes, abundantes. Los radios influyen negativamente en la resistencia mecánica a la compresión perpendicular al grano y hacen, además, que la madera se contraiga desigualmente durante el secado. Según nuestra experiencia (datos no publicados) la contracción en cubos de 2 cm de lado, causa una deformación notable en la madera, en sentido tangencial. Por lo tanto, se debe

diseñar una estrategia de secado apropiado, para evitar la deformación de las piezas fabricadas con esta madera. Por otro lado, el color y lustre atractivo de esta madera, así como su textura fina, la hacen un buen candidato para fabricar chapa y muebles.

Se puede decir que la madera de cachichín tiene una resistencia mecánica similar a la de los pinos. Por ejemplo, comparándola con tres especies de pino provenientes del estado de Oaxaca, las propiedades en flexión del cachichín son similares a las de *Pinus pseudostrobus* (Ordóñez *et al.*, 1989), salvo en el módulo de elasticidad, que tiene un valor más bajo. Sus propiedades mecánicas en compresión paralela son más parecidas al *Pinus patula* (Ordóñez *et al.*, 1989). Se debe tener en cuenta que la madera es un material con alta variabilidad en sus propiedades, por lo que se puede aceptar, con las reservas del caso, que la madera de cachichín es apta como material de construcción, siempre y cuando se utilicen los rollizos y sólo cuando sea posible aserrarla se usarán piezas prismáticas aserradas con dimensiones adecuadas para estructuras. Otra posibilidad es su uso para la elaboración de muebles o utensilios pequeños, por su color y veta atractivos.

Cabe mencionar que los valores de resistencia obtenidos en el presente estudio fueron obtenidos en condición verde, por lo que se debe tener mucho cuidado al interpretarlos. Es bien sabido que la resistencia de la madera aumenta exponencialmente a medida que pierde humedad (Zink-Sharp, 2003). Sin embargo, cada especie se comporta de diferente manera, y la relación contenido de humedad-resistencia no se puede aplicar de manera generalizada.

Como valores indicativos para la relación entre las propiedades mecánicas en condición verde y condición seca, se han obtenido datos de la madera de 20 especies tropicales de la selva Lacandona (Bárcenas, 1995). En ese estudio se obtuvieron valores de 0.68 para el MOR en condición verde contra 0.83 para condición seca; para compresión paralela al grano se obtuvieron valores de 0.55 en condición verde y de 0.86 en condición seca. Esto coincide con la aserción de Zink-Sharp (2003) de que la compresión perpendicular al grano es la propiedad mecánica más influenciada por el contenido de humedad, seguida por la compresión paralela al grano. Además, debido al carácter anisotrópico del material, los cambios en contenido de humedad de la madera afectan a cada una de las propiedades mecánicas de la madera en diferente manera.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la valiosa ayuda recibida a lo largo de este trabajo, por las siguientes personas: Biól. Carolina Madero Vega, por su ayuda en el trabajo de laboratorio. Al Sr. Tiburcio Láez Aponte, por la preparación de material y toma de fotomicrografías para el MEB. El Sr. Uriel Moreno Nieves, estudiante de Biología de la Universidad Joseph Fourier de Grenoble, Francia, colaboró en este proyecto durante una estancia de investigación. El licenciado en diseño gráfico Arturo Piña Martínez elaboró el mapa del estado de Veracruz.

Se agradece especialmente la generosidad de los habitantes de Roca de Oro, municipio de Yecuatla, Veracruz, por donar los ejemplares utilizados en el presente estudio.

REFERENCIAS

- ASTM. 2005a. Standard methods of testing small clear specimens of timber. ASTM D143-94. West Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials.
- ASTM. 2005b. Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Based Materials. ASTM D 2395. West Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials.
- Bárceñas-Pazos, G. 1995. Caracterización tecnológica de veinte especies maderables de la Selva Lacandona. *Madera y Bosques* 1(1):9-38.
- Bárceñas-Pazos, G., F. Ortega-Escalona y G. Ángeles-Álvarez. 2005. Relación estructura-propiedades de la madera de angiospermas mexicanas. *Universidad y Ciencia* 21: 45-55.
- Gómez-Pompa, A. 1966. Estudios botánicos en la región de Misantla, Veracruz. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A.C. México, D. F. 173 p.
- Gutiérrez, B. 1993. Listado florístico de la sierra de Chiconquiaco, Ver. Textos Universitarios. Universidad Veracruzana, México. 29 p.
- Gutiérrez, B. 1994. Icacinaceae. *In*: V. Sosa y A. Gómez-Pompa (eds.). Fascículo No. 80. Flora de Veracruz. Instituto de Ecología, A.C. y University of California, Xalapa, Veracruz. 16 p.
- IAWA Committee. 1989. List of Microscopic Features for Hardwood Identification. *IAWA Bulletin new series* 10: 219-332.
- Johansen, D. A. 1940. *Plant Microtechnique*. McGraw-Hill Book Co., New York. 523 p.
- Martínez, M. 1987. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica, México. 1247 p.
- Ordóñez C., V.R., G. Bárceñas P. y A. Quiroz S. 1989. Características físico-mecánicas de la madera de diez especies de San Pablo Macuiltanguis, Oaxaca. La madera y su Uso núm. 21 Instituto de Ecología A.C., Xalapa, Ver.
- Zink-Sharp, A. 2003. The mechanical properties of wood. *In*: J.R. Barnett & G. Jeronimidis, eds. *Wood Quality and its Biological Basis*. Blackwell Publishing-CRC Press. Biological Sciences Series. Boca Raton, Fla., E.U.A. pp. 187-210.

Manuscrito recibido el 2 de diciembre del 2006
 Aceptado para su publicación el 15 de mayo del 2007

Este documento se debe citar como:

Lascurain, M., G. Angeles, F. Ortega Escalona, V.R. Ordóñez Candelaria, M. Ambrosio y S. Avendaño. 2007. Características anatómicas y propiedades mecánicas de la madera de *Oecopetalum mexicanum* Greenm. & C.H. Thomps. (Icacinaceae) de la sierra de Misantla, Veracruz, México. *Madera y Bosques* 13(2):83-95