

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Características anatómicas y propiedades físicas de la madera de *Caesalpinia gaumeri* Greenm en Dzan, Yucatán

Anatomical characteristics and physical properties of wood of *Caesalpinia gaumeri* Greenm in Dzan, Yucatan

Víctor Manuel Interián-Ku¹, María Amparo Borja de la Rosa², Juan Ignacio Valdez-Hernández³, Edmundo García-Moya¹, Angélica Romero-Manzanares¹ y Humberto Vaquera-Huerta⁴

RESUMEN

Caesalpinia gaumeri Greenm es una especie muy apreciada en la construcción de casas y postes para cercas en la región maya de Yucatán. Con la finalidad de contribuir al conocimiento tecnológico de sus atributos y proponer usos potenciales de la madera de esta especie, se describieron sus características anatómicas y propiedades físicas. El presente trabajo se realizó en cuatro árboles de una selva baja caducifolia de Yucatán. Se encontró que el duramen es de color café oscuro y la albura de color castaño, el hilo es entrecruzado, el veteado es pronunciado, el brillo y la textura es media y la porosidad es difusa; los elementos de vaso son extremadamente cortos, tienen placa de perforación simple y punteaduras pequeñas e inclusiones; los rayos son uniseriados y biseriados, extremadamente bajos y finos; el parénquima axial es aliforme y confluyente; las fibras son de longitud mediana y con paredes extremadamente gruesas; la densidad básica es pesada y la contracción volumétrica total es media; no se observa una transición clara entre madera temprana y tardía. Se concluye que por las características anatómicas (rayos extremadamente bajos, finos y abundantes, fibras con paredes gruesas a muy gruesas y la presencia de gomas) y las propiedades físicas de la madera (densidad), *C. gaumeri* se puede utilizar en la elaboración de durmientes, postes, duelas y artesanías, sin embargo, su aprovechamiento para carpintería y trabajos finos está limitado por defectos como el grano entrecruzado y presencia de cristales de tipo romboidal.

PALABRAS CLAVE:

Aprovechamientos potenciales, construcciones rurales, estructuras celulares, Kitimché, selva baja caducifolia.

ABSTRACT

Caesalpinia gaumeri Greenm is a highly prized species for construction of houses and poles in the Mayan region of Yucatan. In order to contribute to technological knowledge of its attributes and suggest potential uses of wood, were described its anatomical features and physical properties. This work was conducted in four trees in a tropical deciduous forest of Yucatan. It was found that the wood is dark brown color in the heartwood and chestnut in the sapwood, wire is cross, pronounced veining,

- 1 Colegio de Postgraduados, Posgrado en Botánica. Correos electrónicos: interian@colpos.mx, edmundo@colpos.mx, dahly@colpos.mx.
- 2 Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Km. 38.5 carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. Correo electrónico: aborja@correo.chapingo.mx
- 3 Colegio de Postgraduados, Programa Forestal. Correo electrónico: ignaciov@colpos.mx
- 4 Colegio de Postgraduados, Programa en Estadística. Correo electrónico: hvaquera@colpos.mx..

texture and brightness are average, diffuse porosity; the elements of vessel have simple perforation plates, small pits and inclusions; the rays are uniseriate and biseriate, extremely low and thin; the axial parenchyma is aliform and confluent; fiber medium and cellular wall extremely thick; heavy density and for volumetric contraction as medium; there is no clear transition between early and late wood. By the anatomic characteristic (rays extremely low, thin and abundant, fiber medium and cellular wall extremely thick and inclusions) and physical properties such as heavy density, the wood of *C. gaumeri* can be used in the development of ties, poles, staves, and crafts. The wire cross and rhomboidal crystal of the wood limits the use in carpentry.

KEYWORDS:

Potential uses, rural constructions, cellular structures, Kitimché, tropical deciduous forest.

INTRODUCCIÓN

La madera del tronco de los árboles es uno de los materiales más utilizados por las diferentes culturas a lo largo de la historia humana para la fabricación de armas, herramientas, vehículos de transporte y casas (Navarro-Martínez *et al.*, 2005). En la región maya de Yucatán se aprovechan para diversas aplicaciones entre 100 y 250 especies vegetales (Toledo *et al.*, 2008), que se desarrollan en las reservas forestales tradicionales (Cob *et al.*, 2003), de ellas, *Caesalpinia gaumeri* (Kitimché), es muy apreciada para la construcción de casas estilo maya y para la elaboración de postes (Levy y Hernández, 1994).

Las condiciones ambientales que rodean a los árboles durante su crecimiento y su capacidad genética les confieren características fenotípicas variables (Harold y Hocker, 1984), incluso en su estructura interna (León y Espinoza, 2001). Por lo anterior y pese a que ya han sido estudiadas las características

anatómicas de la madera de árboles de *Caesalpinia gaumeri*, procedentes de una selva mediana subperennifolia de Quintana Roo (Rebollar *et al.*, 1996-1997), se considera importante revisar con detalle estas características, bajo condiciones de vegetación, suelo y clima diferentes a las ya reportadas, como las que se presentan en la región sur del estado de Yucatán, donde se desarrolló el presente trabajo de investigación. Además, se incluyó información de las propiedades físicas de este taxón, con el fin de proponer en términos tecnológicos, las mejores y nuevas posibilidades de aprovechamiento de la especie en la carpintería, pisos, lambrín, parquet, entre otros (Borja y Tamarit, 1997; León y Espinoza, 2001).

OBJETIVOS

Conocer y determinar las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de *Caesalpinia gaumeri* Greenm de la región sur del estado de Yucatán, para proponer o confirmar sus usos potenciales.

METODOLOGÍA

Descripción de la zona de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en el predio San Manuel (20° 23' 46" N y 89° 26' 19" O) ubicado en el municipio de Dzan, Yucatán, a una altura de 24 msnm, en una selva baja caducifolia de aproximadamente 60 años de edad serial sucesional denominada en maya *Nukuch k'aax*, sin disturbio humano. El dosel tiene en promedio 10 m de altura y las especies de mayor importancia por su densidad arbórea, área basal y valor de importancia son: *Gymnopodium floribundum* Rolfe, *Thouinia pausidentata* Radlk., *Caesalpinia gaumeri* Greenm, *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Guettarda elliptica*

Sw., *Lonchocarpus yucatanensis* Pittier, *Diospyros anisandra* S.F. Blake, *Neea choriophylla* Standl., *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., *Bauhinia divaricata* L. y *Acacia gaumeri* Blake (White y Hood, 2004). El clima del lugar es considerado como cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw₁), con una precipitación anual de 1 200 mm y una temperatura media anual de 21,1 °C (García, 2004). Los tipos de suelo predominantes son someros (2,7 cm) y retienen poca humedad: luvisoles (k'ankab; plano de color rojo) y leptosoles (tzek'el, bo'ox lu'um; con afloramiento rocoso) (Duch, 1994; White y Hood, 2004; García *et al.*, 2005).

Obtención de las muestras de madera

Se seleccionaron cuatro árboles vigorosos, con fuste limpio, sanos, en edad reproductiva y con diámetros semejantes (20 cm), los cuales fueron derribados a 30 cm de altura sobre el suelo. Del fuste limpio de cada árbol se obtuvieron dos trozas de 1,20 m de longitud. Al final de la primera troza de cada árbol se obtuvo una rodaja de cinco centímetros de grosor (cuatro rodajas en total).

Caracterización macroscópica

Se elaboraron tablillas de cortes típicos (transversal, longitudinal radial y tangencial), con dimensiones de 1 cm x 7 cm x 15 cm de albura y duramen. Se determinaron las características macroscópicas, a simple vista, y con ayuda de una lupa 10 X. Después, se clasificaron con base en Tortorelli (1956). El color se determinó con la carta de colores Munsell (1975).

Caracterización microscópica

Se cortó una rodaja por árbol (4 árboles en total) de cinco centímetros de grosor a una

altura de 1,3 m y se obtuvieron 130 cubos (18 cerca de la médula, 56 de duramen y 56 de albura) de 1,5 cm x 1,5 cm x 1,5 cm. Después, se seleccionó un cubo por zona, por árbol, con las caras típicas (11 en total, ya que un árbol no tenía duramen) y se colocaron en un digestor casero¹ con agua en un vaso de precipitado a una presión de 2,5 kg cm⁻² durante dos minutos para ablandarlos y posteriormente se colocaron en una solución de alcohol y glicerina en partes iguales. De cada cubo (11) se obtuvieron 5 cortes típicos (55 en total) de 20 µm de grosor con un micrótopo de deslizamiento, se depositaron en frascos con agua destilada, se tiñeron con Pardo de Bismarck al 1% por 24 horas, se lavaron con agua destilada para eliminar el exceso del colorante y se colocaron en alcohol etílico al 96 % durante tres minutos, posteriormente en alcohol absoluto al 100 % por el mismo tiempo con el fin de deshidratarlos, inmediatamente después se sumergieron en xilol de uno a dos minutos, se fijaron con Resina Entellan. Al final, se elaboraron 55 preparaciones permanentes (Navarro-Martínez *et al.*, 2005).

Con la ayuda de una cámara Moticam modelo 1000 y el paquete Motic versión 1.3 (2003) se tomaron cuatro campos de cada preparación (220 en total) y con el paquete Image Tool versión 3.0 (Wilcox *et al.*, 2002) se midieron la altura, el diámetro y el número de los rayos (todos los presentes en el campo) en el corte tangencial. Así como los diámetros radial, tangencial y número por mm² de los vasos presentes en el campo. Las características microscópicas observadas se clasificaron de acuerdo con Chattaway (1932) e IAWA (1939, 1989), Tortorelli (1956), Jane (1970) y Terrazas (1984).

¹ Equipo diseñado por el M.C. Mario Fuentes Salinas para el laboratorio de Anatomía y Tecnología de la madera de la Universidad Autónoma Chapingo.

Disociados

Se eligió un cubo por zona por rodaja por árbol (12 en total) y se obtuvieron cuatro astillas de aproximadamente 0,5 cm x 1 mm x 1 mm (48 en total), las cuales se depositaron en frascos con una solución de peróxido de hidrógeno y ácido acético glacial en partes iguales y se colocaron en una estufa a 60 °C durante 24 horas. Posteriormente, se lavaron con agua destilada hasta eliminar el olor de la solución disociadora, se agitaron y tiñeron con Pardo de Bismarck al 1% por 24 horas (Navarro-Martínez *et al.*, 2005). Se hicieron preparaciones temporales y se tomaron fotografías con una cámara Moticam modelo 1000 y el paquete Motic versión 1.3 (2003). Luego, con el paquete Image Tool versión 3.0 (Wilcox *et al.*, 2002), se midió la longitud de la fibra, diámetro de lumen y grosor de la pared celular, longitud del vaso y diámetro de las punteaduras de un total de 516 fibras y 240 vasos (fibras = 43 x 4 árboles x 3 zonas, vasos = 20 x 4 árboles x 3 zonas), lo cual se calculó con la fórmula siguiente:

$$n = (t^2 * s^2) / e^2$$

Donde:

n = tamaño de muestra
 t^2 = t de Student al cuadrado
 s^2 = varianza
 e^2 = error reducido a 5%

Con los resultados se obtuvieron los valores máximo, mínimo, media, desviación estándar y coeficiente de variación.

Propiedades físicas

Densidad

Se determinó de acuerdo con la NMX-EE-117-1981, en 132 probetas de 2 cm x 2 cm x 2 cm provenientes de la zona cerca de la médula (24), parte media (47) y

cercana a la corteza (61). De cada probeta se registró el peso (P_V) y volumen (V_V) en estado verde, posteriormente, se llevaron a peso constante (estado anhidro) en una estufa a (103 ± 2) °C, se anotó el peso (P_0) y volumen (V_0) anhidro para obtener las densidades básica (D_b) y anhidra (D_0), con las siguientes fórmulas:

$$D_b = P_0 / V_V$$

$$D_0 = P_0 / V_0$$

La densidad básica y anhidra se clasificó de acuerdo con la recomendación de Vignote y Jiménez (1996).

Contenido de humedad

En 119 probetas de 2 cm x 2 cm x 2 cm, se determinó el peso (P_V) y volumen (V_V) en estado verde, después, se llevaron a peso constante (estado anhidro) en una estufa a 103 ± 2 °C y se obtuvieron el peso (P_0) y el volumen (V_0) anhidros para calcular el contenido total de humedad (% CH) (Navarro-Martínez *et al.*, 2005) con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ CH} = (P_V - P_0 / P_0) \times 100$$

La clasificación de esta variable se realizó de acuerdo con Díaz (1960).

Contracción

En 119 probetas de 3 cm x 2 cm x 2 cm se obtuvieron el peso (P_V) y el volumen (V_V) en estado verde para la contracción volumétrica total (%_{vt}) y para la contracción lineal en los planos tangencial (%_T), axial (%_a) y radial (%_r). Se midieron la longitud tangencial (T_V), axial (A_V) y radial (R_V) en estado verde con un vernier digital. Luego se llevaron a peso constante (estado anhidro) en una estufa a 103 ± 2 °C y se registraron de nuevo peso (P_0), volumen (V_0), longitud tangencial (T_0), axial (A_0) y radial (R_0) (Navarro-Martínez *et al.*, 2005) y, con las siguientes fórmulas, se calcularon las contracciones:

$$\% \beta_{vt} = (V_v - V_0) / V_v \times 100$$

$$\% \beta_T = (T_v - T_0) / T_v \times 100$$

$$\% \beta_a = (A_v - A_0) / A_v \times 100$$

$$\% \beta_r = (R_v - R_0) / R_v \times 100$$

La contracción volumétrica total se clasificó de acuerdo con Echenique *et al.* (1975) y la tangencial y radial de acuerdo con Negrete (1970).

El punto de saturación de la fibra (PSF) y el coeficiente de contracción volumétrica total (V) se estimaron con las siguientes fórmulas (Fuentes-Salinas, 1998):

$$PSF = \% \beta_{vt} / (Db \times 0.9)$$

$$V = \% \beta_{vt} / PSF$$

El PSF se clasificó de acuerdo con las recomendaciones de Novelo (1964) y el volumen de acuerdo con Fuentes-Salinas (1998).

La relación de anisotropía (A) se calculó con la fórmula: $A = \% \beta_T / \% \beta_R$ y se clasificó de acuerdo con Ordóñez *et al.* (1990).

RESULTADOS

Descripción macroscópica

La madera tiene un olor perceptible, sabor astringente, no se observa una transición clara entre madera temprana y tardía (Figura 1a). El duramen es de color café oscuro amarillento (HUE 10YR 3/6) y la albura castaño muy pálido (HUE 10YR 7/3), con veteado pronunciado, brillo medio (Figura 1b), hilo entrecruzado y textura media (Figura 1c).

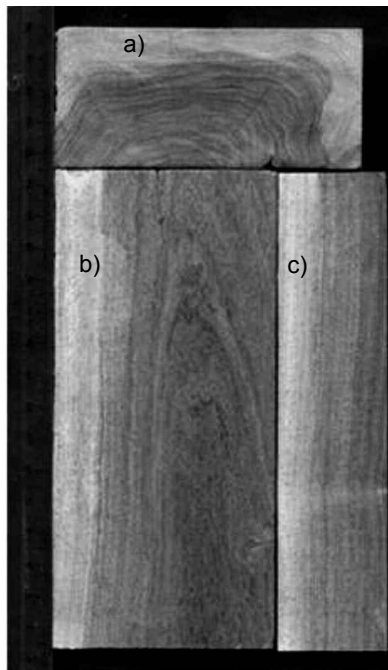


Figura 1. Color, veteado, hilo y textura en cortes típicos de *Caesalpinia gaumeri* Greenm: a) transversal; b) tangencial y c) radial.

Descripción microscópica

En el corte transversal se observa porosidad difusa; los poros son en su mayoría solitarios y en algunos casos múltiples radiales (2-4), con gomas; también se distinguen líneas de parénquima concéntrico en bandas finas (de una célula), así como parénquima paratraqueal aliforme y aliforme confluyente (Figura 2a y b). Los poros, por su abundancia, se clasifican como moderadamente pocos y, por su diámetro radial y tangencial, como muy

pequeños (Tabla 1). En el plano radial, los vasos presentan una placa de perforación simple (Figura 2c) y los rayos son homocelulares con células procumbentes (Figura 2c y d). En el plano tangencial, el parénquima axial está formado por filamentos de dos células fusiformes (Figura 2e). Los rayos son uniseriados y biseriados (Figura 2e y f), por su altura se clasifican como extremadamente bajos, por su diámetro como extremadamente finos y por su abundancia como extremadamente abundantes (Tabla 1).

Tabla 1. Características microscópicas de *Caesalpinia gaumeri* Greenm.

Variable	N	Media µm	Coefficiente de variación	Desviación estándar	Máxima µm	Mínima µm	Clasificación
Fibra							
Longitud	516	1 048,8	10,8	113,7	1 387,7	566,9	Mediana (900-1 600 µm) ¹
Diámetro de lumen		5,1	55,8	2,8	18,3	1,1	Mediano (5-10 µm) ²
Diámetro total		16,5	16,7	2,8	29,2	7,8	Fino (<25 µm) ¹
Grosor de pared celular		11,4	23,3	2,6	19,8	4,2	Extremadamente gruesa (>7 µm) ²
Vasos							
Longitud	240	218,2	14,1	30,7	330,9	94,9	Extremadamente cortos (<300 µm) ²
Diámetro radial (poros)	1 309	83,3	23,4	19,5	128,4	20,3	Muy pequeño (<100 µm) ³
Diámetro tangencial (poros)	1 309	65,9	19,2	12,6	101,1	23,5	Muy pequeño (<100 µm) ³
Poros por mm ²	220*	10	0,3	2,8	18	6	Moderadamente pocos (6-16 mm ²) ²
Diámetro de punteaduras	240	4,8	0,2	0,9	5,8	3,8	Pequeño (4-7 µm) ⁴
Rayos							
	3 342						
Altura		116,5	17,5	20,3	191,4	36,4	Extremadamente bajos (<500 µm) ⁵
Diámetro		13,2	32,8	4,3	35,3	5,3	Extremadamente finos (<15 µm) ⁶
Rayos por mm ²	88*	42	0,2	7,6	62	28	Extremadamente abundantes (>9 mm ²) ²

N = Número de estructuras medidas; * = número de imágenes medidas; ¹Tortorelli (1956); ²Terrazas (1984); ³Jane (1970); ⁴IAWA (1989); ⁵Chattaway (1932); ⁶IAWA (1939).

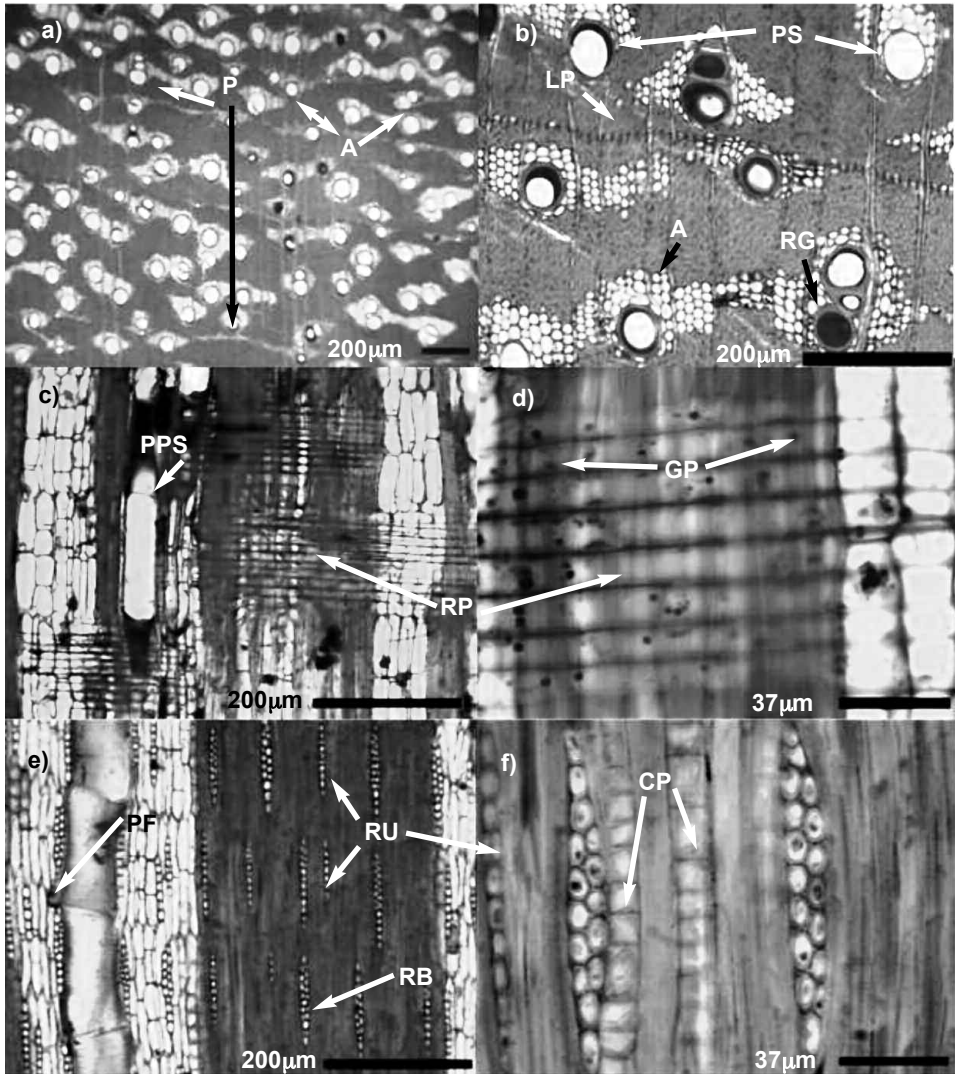


Figura 2. Cortes transversal (a y b), radial (c y d) y tangencial (e y f) en *Caesalpinia gaumeri* Greenm. PS = Poro solitario, PG = Poro con goma, LP = Líneas de parénquima, A = Parénquima paratraqueal aliforme y confluyente, PPS = Placa de perforación simple, GP = Goma en parénquima, RP = Rayos procumbentes, PF = Parénquima fusiforme, RU = Radio uniseriado, RB = Radio biseriado, CR = Cristal romboidal.

En el material disociado, las fibras por su longitud y diámetro del lumen son medianas, por el diámetro total son finas y por el grosor de la pared celular son extremadamente gruesas (Tabla 1, Figura 3a y b). Los elementos de vaso por su longitud se clasifican como extremada-

mente cortos (Tabla 1, Figura 4b y c), en algunos casos presentan cola (Figura 4a). Las punteaduras en la pared de los elementos vasculares son areoladas alternas (Figura 4d, e y f), con un diámetro promedio de 4.8 μm que se clasifica como pequeño (Tabla 1).

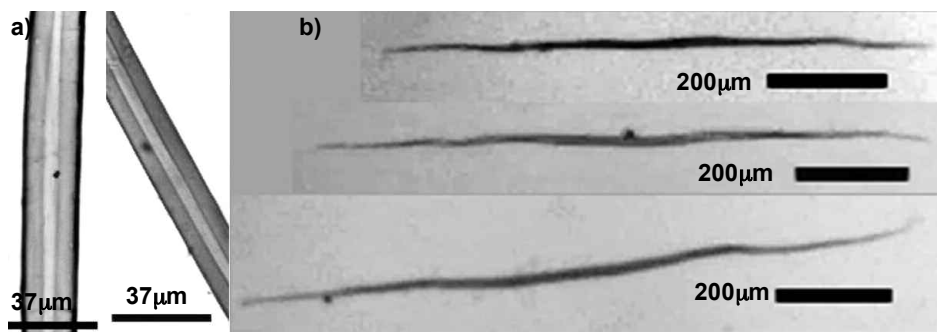


Figura 3. Fibras en *Caesalpinia gaumeri* Greenm. a) Lumen y pared, b) Longitud.

Tabla 2. Propiedades físicas de *Caesalpinia gaumeri* Greenm.

Propiedad física	Media	Clasificación
Db (g cm ⁻³)	0,86	Pesada (0,75-0,95 g cm ⁻³) ¹
D0 (g cm ⁻³)	0,96	Muy pesada (>0,95 g cm ⁻³) ¹
%CH	52,04	Verde (>PSF) ²
% β Vt	11,90	Media (10-15 %) ³
% β T	9,27	Mediana (8-11 %) ⁴
% β	A 0,33	
% β R	4,65	Mediana (8-11 %) ⁴
PSF (%)	16,49	Bajo (<25 %) ⁵
V (%)	0,78	Muy alto (>0,63 %) ⁶
A	1,99	Estable (1,5-2,0) ⁷

1 = Vignote y Jiménez (1996), 2 = Díaz (1960), 3 = Echenique *et al.* (1975), 4 = Negrete (1970), 5 = Novelo (1964), 6 = Fuentes-Salinas (1998), 7 = Ordoñez *et al.* (1990).

Contenidos celulares: las gomas están presentes en los elementos de vaso (Figura 2b) y en el parénquima radial (Figura 2d), también existen cristales de tipo romboidal en el parénquima axial (Figura 4f).

cada propiedad. En la tabla 2 se puede observar que, en relación con sus propiedades físicas, la madera de *Caesalpinia gaumeri* Greenm. es pesada con contracciones volumétricas y lineales medianas y estable.

Propiedades físicas

Las propiedades físicas de la madera de *Caesalpinia gaumeri* Greenm., consignadas en este estudio, se clasificaron con diferentes tipificaciones, con el propósito de utilizar la fuente recomendada para

DISCUSIÓN

Las características macroscópicas: diferencia de color entre albura y duramen, veteado pronunciado, brillo medio, hilo entrecruzado y textura media, así como las microscópicas: porosidad difusa y

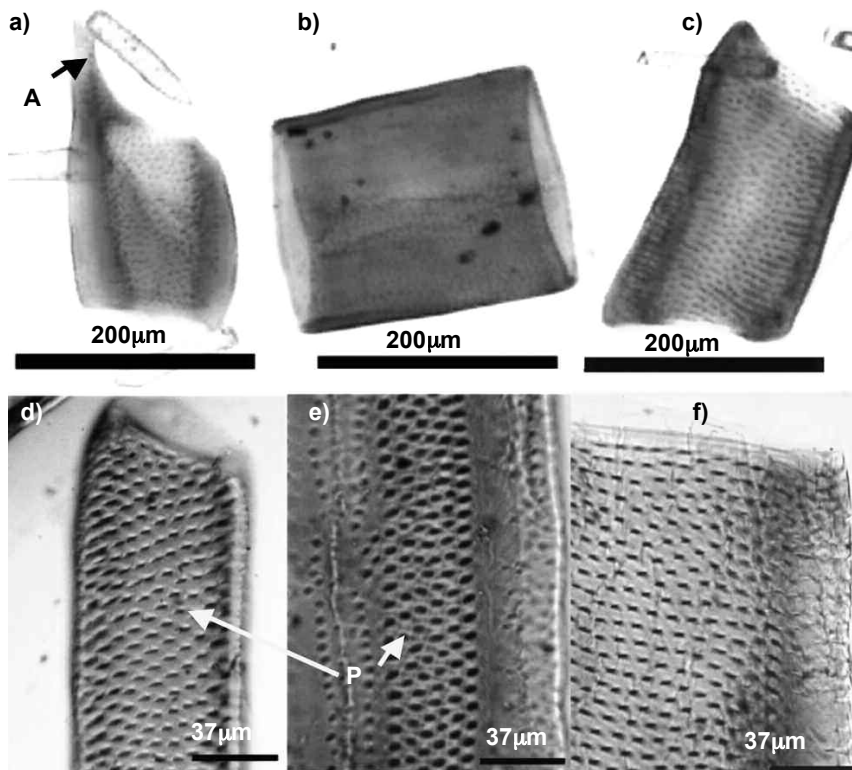


Figura 4. Elementos de vasos en *Caesalpinia gaumeri* Greenm. a) Cola (A); d, e y f) Punteaduras areoladas alternas.

parénquima aliforme, son semejantes a las encontradas en un estudio realizado para esta misma especie en una selva mediana subperennifolia de Quintana Roo (Rebollar *et al.*, 1996-1997). No obstante, el olor, sabor y color del duramen fueron distintos.

En un estudio realizado por Barajas-Morales (1985), para comparar las características anatómicas de la madera de especies que crecen en selva alta perennifolia y selva baja caducifolia se encontró que en el primer tipo de vegetación los colores de la madera son más pálidos, no hay transición entre el duramen y la albura y la dureza va de mediana a baja; mientras que en el segundo, el duramen de la madera es más oscuro (negruzco, verdoso o rojizo), la dureza es alta y hay una transición abrupta entre el duramen y la albura, además de que se presentan cristales y resinas. Lo anterior coincide con lo encontrado para *Caesalpinia gaumeri* en una selva baja caducifolia en Yucatán.

Varias de las características microscópicas registradas en este trabajo, coinciden con las referidas por Rebollar *et al.* (1996-1997); sin embargo, hay diferencias en el grosor de la pared de las fibras (extremadamente gruesas en los individuos de Yucatán y muy gruesas en los de Quintana Roo), en los rayos (extremadamente finos en los individuos de Yucatán y moderadamente finos en los de Quintana Roo) y en que algunos elementos de vaso presentan cola en las muestras de Yucatán; mientras que en las de Quintana Roo no está presente.

Estas diferencias pueden estar relacionadas con las condiciones ecológicas de crecimiento propias de los lugares de estudio, que para el caso de Yucatán son: selva baja caducifolia, con una altura promedio del dosel de 10 m, una precipitación anual de 1 200 mm y una tempera-

tura media anual de 21,1 °C, suelos someros (2,7 cm): luvisoles (k'ankab; plano, de color rojo) y leptosoles (tze'el, bo'ox lu'um; con afloramiento rocoso = 37 %) (García, 2004; White y Hood, 2004; García *et al.*, 2005), mientras que para Quintana Roo son: selva media subperennifolia, con una altura promedio del dosel de 20 m, una precipitación de 1 290 mm al año y una temperatura promedio de 26 °C, con suelos más profundos (6,9 cm) y menos rocosos (16%): leptosoles (tze'el), luvisoles (k'ankab) y gleysoles (ak'alché) (Wright, 1967; SEGOB, 1987; García, 2004; White y Hood, 2004). Los gleysoles se caracterizan por retener mayor humedad, cuentan con mayor profundidad y no se encuentran en la zona de estudio (Yucatán), por lo que podría ser un factor determinante en la disponibilidad de humedad para el desarrollo de esta especie, de tal manera que sus estructuras celulares anatómicas tiendan a ser de menores dimensiones (por estar sometidas a estrés hídrico) en comparación con los árboles que crecen en el estado de Quintana Roo.

Desde el punto de vista tecnológico, el conocimiento de la anatomía de la madera nos permite hacer inferencias sobre sus propiedades físico-mecánicas, técnicas de procesamiento y utilización (León y Espinoza, 2001). De este modo, se ha visto que las maderas que tienen el hilo entrecruzado como *Caesalpinia gaumeri*, presentan resistencia mecánica (Rebollar y Quintanar, 2000), pero también pueden ser susceptibles de presentar arqueaduras y torceduras durante el secado (Kollmann y Coté, 1968), así como superficies de grano arrancado durante el taladrado y lijado (Ninin, 1985). Tecnológicamente, la característica de hilo entrecruzado permite que la madera mantenga la estabilidad del tronco en términos funcionales y, de acuerdo con Rebollar y Quintanar (2000), que sea adecuada para pisos,

construcción pesada, construcción de yates y decoración. Las maderas que presentan parénquima aliforme y confluyente como *Caesalpinia gaumeri*, tienen mayor incidencia de grano arrancado al momento del cepillado o canteado (Lluncor, 1977), detalle que reduce su calidad para carpintería. Las maderas de densidades altas (pesadas), tienen fibras con paredes gruesas a muy gruesas, presentan mayor resistencia al corte y se requieren herramientas de aserrado con dientes más fuertes o robustos (Ninin, 1985); sin embargo, son de alta durabilidad natural, ya que cuentan con menos espacios vacíos, lo que minimiza el acceso del agua; además, el grosor de las paredes les confieren el peso y la dureza necesarias para su uso en construcción pesada. La presencia de gomas en las células de la especie en estudio, robustece las cualidades de dureza y durabilidad de la madera, que la hace resistente al deterioro (Rebollar y Quintanar, 2000), al ser estos extractivos tóxicos a los hongos que causan la pudrición (JUNAC, 1988).

Los rayos numerosos, extremadamente bajos y finos observados en *Caesalpinia gaumeri*, favorecen la resistencia al impacto y a la estabilidad dimensional. Rebollar y Quintanar (2000) sugieren que las maderas con esas cualidades, sean usadas para la elaboración de durmientes, para pisos, parquet, adoquín, lambrín, para manufactura de muebles, puertas, marcos para ventanas, artículos torneados y decoración de interiores.

De manera general se sabe que las maderas susceptibles de ser aprovechadas en la carpintería deben ser de color atractivo, rayos finos a medianos, grano recto, que presenten anillos de crecimiento, que tengan buenas características de cepillado, lijado, torneado y taladrado. Las maderas de densidad

y durabilidad altas, son recomendables para ser utilizadas como durmientes, postes de cercas y pisos (León y Espinoza, 2001).

Por lo antes mencionado, en el caso de la madera de *Caesalpinia gaumeri*, se deben utilizar herramientas de corte más fuertes y el proceso de secado debe ser muy lento para evitar deformaciones. Esta especie no reúne las características deseables de la madera para carpintería, no obstante, por su resistencia, dureza y durabilidad ante agentes de deterioro debido al contenido de extractivos en la madera, se puede utilizar en la elaboración de durmientes, pisos, artesanías, marcos para ventanas y puertas, además del uso generalizado entre la población maya para la construcción de viviendas rurales y postes.

CONCLUSIONES

La madera de Kitimché, por sus características anatómicas (rayos numerosos, extremadamente bajos y finos e hilo entrecruzado) y propiedades físicas (densidad básica pesada), puede ser usada para la elaboración de durmientes, pisos, parquet, adoquín, lambrín, para manufactura de muebles, puertas, marcos para ventanas, artículos torneados y decoración de interiores; pero es susceptible de presentar arqueaduras y torceduras durante el secado, superficies de grano arrancado durante el taladrado, lijado, cepillado o canteado por su hilo entrecruzado y parénquima aliforme y confluyente, lo que reduce la calidad de la madera para carpintería.

Las fibras con paredes gruesas a muy gruesas y la presencia de gomas en las células de la madera de *Caesalpinia gaumeri*, le confieren características tales como alta durabilidad natural, resistencia mecánica, resistencia al deterioro o

ataque de hongos que causan la pudrición, mismas que ya eran conocidas y aprovechadas por los habitantes mayas, para la construcción de viviendas rurales y postes.

Las diferencias y semejanzas básicas de las características anatómicas, en el caso de este estudio, reflejan que la madera es un material muy heterogéneo, aunque sea la misma especie no siempre va a presentar iguales características y propiedades.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por la beca otorgada (169577) para realizar estudios de doctorado y al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (Comecyt) por la beca tesis (07BTD397) para concluir este documento.

BIBLIOGRAFÍA

- Barajas-Morales, J. 1985. Wood structural differences between trees of two tropical forests in Mexico. *IAWA Bulletin* n.s. 6:355-364.
- Borja, de la R.A. y J.C. Tamarit U. 1997. Propiedades tecnológicas de la madera de *Pinus arizonica* Engelm. del estado de Durango, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 3(1): 103-107.
- Cob, U.J.V., D. Granados-Sánchez, L. M. Arias-Reyes, J. G. Álvarez-Moctezuma y G. F. López-Ríos. 2003. Recursos forestales y etnobotánica en la región milpera de Yucatán, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 9(1):11-16.
- Chattaway, M. 1932. Proposed standards for numerical values used in describing woods. *Tropical Woods* 29: 20-28.
- Díaz, G.V. 1960. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la madera. *Unidad y Enseñanza e Investigación en Bosques*. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Texcoco, México. 119 p.
- Duch, G.J. 1994. Los suelos, la agricultura y vegetación en Yucatán. *In*: Hernández X., E. Bello, S. Levy, comps. *La milpa en Yucatán, un sistema de producción agrícola tradicional*. Tomo I. p:97-107.
- Echenique, R., J. Barajas, L. Pinzón y V. Pérez. 1975. Estudio botánico y ecológico de la región del río Uxpampapa, Versión 1. Características tecnológicas de la madera de 10 especies. *INIREB*. 66 p.
- Fuentes-Salinas, M. 1998. Propiedades tecnológicas de las maderas mexicanas de importancia en la construcción. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 4(1):221-229.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM-Instituto de Geografía. Serie Libros, Núm. 6, quinta edición. México. 91 p.
- García, J., A. Mizrahi y F. Bautista. 2005. Manejo campesino de la selva baja y selección de especies arbóreas para barbechos mejorados en Hocabá, Yucatán. *In*: Bautista, F. y G. Palacio (eds.). *Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales*.

- Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán. Pp.195-208.
- Harold, W. y Jr. Hocker. 1984. Introducción a la biología forestal. Primera edición en español. ACT Editor S.A. México. 446 pp.
- IAWA (International Association of Wood Anatomists) Committee. 1939. Standard terms of size for vessel diameter and ray width. *Tropical Woods* 59:51-52.
- IAWA (International Association of Wood Anatomists) Committee. 1989. List of macroscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin* n.s. 10:219-332.
- Jane, F.W. 1970. The structure of wood. Segunda edición. Adam and Charles Black. Londres. 478 p.
- JUNAC. 1988. Manual del Grupo Andino para la Preservación de Maderas. Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima, Perú. 430 p.
- Kollmann, F. y W. Coté. 1968. Principles of Wood Science Technology I Solid Wood. Springer-Verlag. Nueva York. Pp. 183-189.
- León, H.W. y N. Espinoza de Pernía. 2001. Anatomía de la madera. Primera edición. Universidad de Los Andes, Consejo de Publicaciones y Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico. Mérida, Venezuela. 397 p.
- Levy, T.S. y E. Hernández X. 1994. Aprovechamiento forestal tradicional de los hubches en Yucatán. In: Hernández X., E., E. Bello y S. Levy T. (comps.). La milpa en Yucatán, un sistema de producción agrícola tradicional. Colegio de Postgraduados, México. Tomo I. Pp. 247-270.
- Lluncor, D. 1977. Relaciones entre las características de cepillado de algunas maderas de Venezuela y sus propiedades físico-mecánicas y anatómicas. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Mérida, Venezuela. 90 p.
- Motic Images version 1.3 Software. 2003. Cámara Moticam modelo 1000. National Optical and Scientific Instruments, Inc.
- Munsell Color Company. 1975. Munsell soil color charts. Baltimore, Maryland. 17 p.
- Navarro-Martínez, J., A. Borja-de la Rosa y R. Machuca-Velasco. 2005. Características tecnológicas de la madera de palo morado (*Peltogyne mexicana* Martínez) de Tierra Colorada, Guerrero, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 11(1):73-82.
- Negrete, L.J. 1970. Algunas características físicas y anatómicas de la madera de cuatro especies de encino (*Quercus*) del estado de Michoacán. Tesis profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Departamento de Bosques. Chapingo, Texcoco, México. 65 p.
- Ninin, L. 1985. Manual de aserrado y afilado. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Publicaciones. Mérida, Venezuela.
- NMX-EE-117-1981. Envase y embalaje. Determinación del peso específico aparente en maderas. Secretaría de

- Comercio y Fomento Industrial. Dirección General de Normas. 8 p.
- Novelo, G.G. 1964. Aplicaciones de la madera de cuatro especies tropicales con base en sus propiedades físicas y mecánicas. Tesis profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Departamento de Bosques. Chapingo, Texcoco, México.
- Ordóñez, V., G. Bárcenas y A. Quiroz. 1990. Características físico-mecánicas de la madera de 10 especies de San Pablo Macuatianguis, Oaxaca. Boletín Técnico núm. 21 (LACITEMA). Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz. 29 p.
- Rebollar D.S., C. Pérez-Olvera y A. Quintanar I. 1996-1997. Anatomía de la madera de ocho especies de la selva mediana subperennifolia de Quintana Roo, México. Revista de Biología Tropical 44(3)/45(1):67-77.
- Rebollar, S. y A. Quintanar. 2000. Anatomía y usos de la madera de siete árboles tropicales de México. Revista de Biología Tropical [online]. 4 (2-3):569-578 [citado 05 Julio 2009] http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442000000200028&Ing=es&nrm=iso
- SEGOB. 1987. Los Municipios de Quintana Roo. Secretaría de Gobernación/Gobierno de Quintana Roo. Pp. 23-28.
- Terrazas S.T. 1984. Proposición para clasificar el tamaño de algunas estructuras de madera de angiospermas mexicanas. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 73 p.
- Toledo, V.M., N. Barrera-Bassols, E. García-Frapolli y P. Alarcón-Chaires. 2008. Uso múltiple y biodiversidad entre los Mayas Yucatecos (México). Interciencia 33(5):345-352.
- Tortorelli, L.A. 1956. Madera y Bosques Argentinos. ACME. Buenos Aires. 910 p.
- Vignote, S. y F. Jiménez. 1996. Tecnología de la madera. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 606 p.
- Wilcox, D., B. Dove, D. McDavid y D. Greer. 2002. Image tool for windows version 3.0. The University of Texas Health Science Center in San Antonio. San Antonio, Texas. EUA. 55 p.
- White, D.A. y Hood C.S. 2004. Vegetation patterns and environmental gradients in tropical dry forests of the northern Yucatan Peninsula. Journal of Vegetation Science 15:151-160.
- Wright, A.C.S. 1967. El reconocimiento de los suelos de la Península de Yucatán, México. Informe final a la FAO. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 43 p.

Manuscrito recibido el 29 de julio de 2009

Aceptado el 9 de marzo de 2010

Este documento se debe citar como: Interián-Ku, V.M., M.A. Borja de la Rosa, J.I. Valdez-Hernández, E. García-Moya, A. Romero-Manzanares y H. Vaquera-Huerta. 2011. Características anatómicas y propiedades físicas de la madera de *Caesalpinia gaumeri* Greenm en Dzan, Yucatán. *Madera y Bosques* 17(1):23-36.