

# CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE LA MADERA DE PALO MORADO (*Peltogyne mexicana* Martínez) DE TIERRA COLORADA, GUERRERO, MÉXICO

J. Navarro-Martínez<sup>1</sup>; A. Borja-de la Rosa<sup>2</sup>; R. Machuca-Velasco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Bachillerato Tecnológico Forestal No. 5, Tierra Colorada, Guerrero, México.  
Correo-e: jnavarromtz@hotmail.com

<sup>2</sup>División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carr. México-Texcoco. Chapingo, Estado de México.  
C. P. 56230. México. Correo-e: aborja@correo.chapingo.mx, robertov@correo.chapingo.mx

## RESUMEN

El presente trabajo contribuye al conocimiento de las características y propiedades tecnológicas de la madera de Palo morado (*Peltogyne mexicana* Martínez), mediante la caracterización anatómica, porcentaje de elementos y determinación de las propiedades físicas y tres mecánicas. Se colectaron dos árboles en Tierra Colorada Guerrero. El material se obtuvo de trozas a 1.30 m de altura. Para el estudio macroscópico se usaron muestras de 7 x 15 x 1 cm y para el microscópico se elaboraron preparaciones fijas de cortes y de material disociado. La madera presenta un color violeta intenso, porosidad difusa, parénquima en bandas y aliforme confluyente con cristales, los elementos de vaso son cortos de diámetro medio, con inclusiones, rayos uniseriados, biseriados, triseriados y raramente multiseriados; las fibras son de tipo libriforme de longitud media, diámetro fino y pared gruesa, presenta densidad básica, contracciones y dureza alta.

**PALABRAS CLAVE:** palo morado, anatomía, proporción de elementos, propiedades físicas y mecánicas

## CHARACTERISTIC TECHNOLOGICAL OF THE WOOD OF PURPLEHEART (*Peltogyne mexicana* Martínez)

### SUMMARY

The present work contributes to the knowledge of the characteristics and technological properties of the wood of lived Stick (*Peltogyne mexicana* Martínez), by means of the anatomical characterization, percentage of elements and determination of the physical properties and three certain mechanics were collected two trees in Tierra Colorada Guerrero, the material was obtained from trozas to 1.30m of height for the macroscopic study samples of 7 x 15 x 1cm were used, for the study microscopic slides of cuts and dissociated material. The wood of intense color violet, diffuse- porous, parenchyma paratracheal banded and confluent aliform with crystals, vessels elements are short with inclusions rays uniseriate, biseriate, triseriate and rarely multiseriate, the libriform fibers medium length, diameter fine and thick wall, this wood has high density, medium shrinkage, it is very hard and flexible

**KEY WORDS:** purpleheart, anatomy, proportion of elements, physical and mechanical properties

## INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales húmedos contienen aproximadamente la mitad de las especies que se encuentran en la tierra y cubren 10 % de la superficie terrestre. Sin embargo, la ecología de los bosques tropicales no es bien conocida, miles de especies carecen de información documentada excepto por reportes sobre

morfología y localización mientras que la fisiología, características estructurales, ecológicas y tecnológicas de la madera no han sido estudiadas.

Históricamente la madera ha sido el material más utilizado por diversas culturas para la fabricación de armas, herramientas, vehículos de transporte, entre otros. Cada día se incrementan los usos de este material, a tal grado

que ha desplazado al concreto y al acero, en algunos casos (Boding y Jane, 1982)

La determinación y el conocimiento de las propiedades tecnológicas de las especies maderables aprovechadas industrialmente tienen una importancia primordial, toda vez que éstas varían según la procedencia y las condiciones de crecimiento. De este conocimiento depende en gran medida darles el uso adecuado y la posibilidad de sugerir nuevos (Borja y Tamarit, 1997)

Se han realizado estudios de anatomía y de propiedades físicas y mecánicas de las especies de *Peltogyne porphyrocardia*, *P. densiflora*, *P. paniculada*, *P. venosa*, *P. pubescens* (Carothie, 1967; Kribs, 1968; Arroyo, 1971; Longwood, 1971; Haygreen y Bowyer, 1989; Echenique y Robles, 1963; Echenique y Plumparte, 1994; Simpson y TenWolde, 1999); sin embargo, a la fecha ninguno se refiere a *P. Mexicana*.

Actualmente esta especie, es utilizada para la fabricación de muebles (comedores, sillas, camas, roperos, buroes, salas, tocadores, etc.) torneados o no, artesanías torneadas y talladas, incrustaciones en muebles de tipo colonial, piezas de dominó con incrustaciones de plata y artículos religiosos combinados con plata. Sin embargo, los cambios de uso de suelo y la tala clandestina han alterado el hábitat natural, provocando la disminución de las poblaciones de esta especie; por esta razón es considerada por la Norma Oficial Mexicana **NOM-059-ECOL-1994** como especie **amenazada** y podría desaparecer, sin que las futuras generaciones la conozcan.

Es por ello que se debe promover el conocimiento de los aspectos biológicos, ecológicos, de manejo y tecnológicos, que permita la conservación y el aprovechamiento sustentable de sus poblaciones aunque se considere una especie maderable de importancia comercial ecológica y cultural que no tiene registro oficial de su aprovechamiento.

El presente trabajo tiene la finalidad de conocer y determinar las características anatómicas, propiedades físicas y tres propiedades mecánicas, con el propósito de proponer usos potenciales de la madera de Palo morado (*Peltogyne mexicana* Martínez).

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización de área de colecta:** *P. mexicana* Martínez pertenece a la familia Caesalpinaceae, existen 28 especies y una de ellas se encuentra en México. Se colectaron dos árboles de 12 y 14 m de altura con 35 y 30 cm de diámetro respectivamente, en la Barranca de la Gringa en el municipio de Juan R. Escudero (Tierra Colorada), Guerrero, delimitado por las coordenadas geográficas 99°19'00" y 99°38'08" de latitud norte y

17°01'06" y 17 15'00" longitud oeste; presenta una temperatura media anual de 27 °C y 1,750 mm de precipitación anual, con clima Aw<sub>2</sub>(w) (SPP, 2000)

**Caracterización macroscópica de la madera:** se cortaron dos rodajas de 20 cm de largo a 0.50 y 1.50 m de altura de los árboles colectados; de éstas se elaboraron tablillas de cortes típicos (transversal, longitudinal radial y tangencial), con dimensiones de 1 x 7 x 15 cm tanto de albura como de duramen y se determinaron las características macroscópicas y fueron clasificadas según Tortorelli (1956) Las observaciones se hicieron a simple vista, con la ayuda de una lupa 10x.

**Caracterización microscópica de la madera:** de los mismos árboles utilizados para la caracterización macroscópica se cortaron dos rodajas de 5 cm a 1.00 m de altura, en las cuales se marcaron y elaboraron 24 cubos de 2 x 2 x 2 cm obtenidos cerca de la médula, en la parte media y cerca de la corteza. Se hirvieron en agua destilada por 190 horas para ablandarlos. Se obtuvieron cortes típicos de 20 micras de espesor, se depositaron en frascos con agua, teñidos con el colorante Pardo de Bismarck al 1 %, una vez teñidos, se colocaron en alcohol etílico (96 %) por 3 minutos y posteriormente en alcohol etílico absoluto por 3 minutos más, con el fin de deshidratarlos, e inmediatamente se sumergieron en xilol. Finalmente se procedió a la elaboración de las preparaciones permanentes utilizando Resina Entellan como fijador.

De los cubos antes mencionados se obtuvieron tres virutas pequeñas y delgadas de cada uno, fueron depositados en frascos previamente aforados con peróxido de hidrógeno y ácido acético glacial (en partes iguales), se colocaron en una estufa a 60 °C durante 48 horas. El material disociado se tiñó con Pardo de Bismarck al 1 %, se elaboraron 50 preparaciones permanentes y las temporales necesarias para obtener el tamaño de muestra calculado, que fue de 48 células para medir las dimensiones longitudinales y transversales. Se clasificaron según Jane (1970), Terrazas (1984) y Tortorelli (1956), dependiendo la característica. Para determinar la proporción de los elementos constitutivos se utilizaron preparaciones cerca de la médula en la parte media y cerca de la corteza, se aplicó la metodología propuesta por Machuca (1995).

**Propiedades físicas:** para determinar el contenido de humedad verde se obtuvieron muestra inmediatamente después del derribo de los árboles de la parte cercana a la médula, en la parte media y cerca de la corteza. La densidad se determinó de acuerdo a la NOM-EE-117-1981, en 40 probetas de 2 x 2 x 2 cm, de acuerdo al tamaño de muestra tanto de albura como del duramen. Para cada probeta se registró el peso y volumen en estado saturado, al equilibrarse con el medio ambiente del laboratorio (11 °C). Posteriormente las muestras se llevaron al estado anhidro introduciéndose en una estufa a temperatura de 103 ± 2 °C hasta lograr un

peso constante con el fin de calcular las densidades básica, anhidra, normal o en equilibrio y verde, así como la contracción e hinchamiento volumétrico parcial y total. Para las determinaciones antes mencionadas se utilizaron una balanza y un vernier digital, ambos con precisión a la diezmilésima. Se clasificaron según Vignote y Jiménez (1996) y Díaz (1960).

Las contracciones e hinchamientos radiales tanto en albura como en duramen, se evaluaron en 32 probetas de 2.5 x 2.5 x 3.3 a 10 cm de arista. Las contracciones e hinchamientos tangenciales se evaluaron en 24 probetas para duramen y 52 probetas para albura, de 2.5 x 2.5 x 7 a 10 cm, siendo la dimensión mayor en dirección del tipo de contracción o hinchamiento a evaluar; esta última fue variable debido a que los diámetros de los troncos no permitieron realizarlas a 10 cm como lo indica la norma mexicana NOM – EE – 167 – 1983. También se determinó el punto de saturación de la fibra (PSF), coeficiente de hinchamiento (V), coeficiente de contracción volumétrica (Vc) y la relación de anisotropía (A). Se utilizó una balanza y un vernier digital, ambos con precisión a la diezmilésima. Se clasificó según Fuentes (1998).

**Propiedades mecánicas:** se realizaron según la norma ASTM- D-143-83, se utilizó la máquina universal de pruebas mecánicas Tinius Olsen con capacidad de 30 toneladas; sólo se evaluaron los ensayos de flexión estática utilizando 8 probetas saturadas y 8 a un contenido de humedad en equilibrio, con dimensiones de 5 x 5 x 76.2 cm, los apoyos se ubicaron a 2.5 cm, la aplicación de la carga a una velocidad de 2.54mm/min. Para el ensayo de compresión perpendicular a la fibra se utilizaron 3 de albura y 8 de duramen saturadas y a un contenido de humedad en equilibrio con dimensiones de 5 x 5 x 15 cm, la carga que se aplicó fue en forma continua a una velocidad de 0.348 mm/min. Para la dureza Janka, 3 de albura y 8 de duramen en ambos contenidos de humedad, utilizando una esfera de 1.13 cm de diámetro; se aplicó la carga en forma continua a una velocidad constante de 6.35 mm/min. Se clasificaron según Novelo (1964) y Fuentes (1998).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características macroscópicas

La madera presenta una diferencia bien marcada entre la albura y el duramen. Según la carta de suelos de Munsell (1975) la albura es de color café muy pálido (10YR 8/3) y el duramen rojo muy oscuro (10R 2.5/2). Si se observa sin tener en consideración ésta, se aprecia de color morado intenso a violeta cuando está seco y negruzco cuando está húmedo, dato que concuerda con Martínez (1960). Cuando el duramen sufre abrasión con el metal (sierras y cepillos), se torna café amarillento verdoso, aunque al contacto con el aire y después de 3 días, aproximadamente, toma un color morado el cual es característico, no presenta olor ni

sabor distinguibles, textura media e hilo recto a entrecruzado, brillo alto en líneas tanto en albura como en el duramen, veteado pronunciado, (Figura 1). Por el color llamativo que presenta la hace muy atractiva para usarse en decoración y artesanías, asimismo la presencia del hilo entrecruzado puede provocar torceduras y arqueamientos en el proceso de secado, es una madera que puede pulirse bien debido a la textura media.



FIGURA 1. Cortes típicos microscópicos de la madera de *Peltogyne mexicana*: A: Transversal, B: Tangencial y C: Radial.

### Características microscópicas

En la Figura 3 se muestran los tres planos típicos de la madera, los poros son visibles a simple vista, moderadamente numerosos, de distribución difusa, solitarios y múltiples radiales de 2 a 9, de forma helicoidal con tendencia a circular, de diámetro tangencial muy pequeño. Los elementos de vaso son muy cortos, sus paredes presentan puntuaciones areoladas alternas y placa perforada simple. Una gran parte de los elementos de vaso están rellenos con extractivos (gomas y aceites). El parénquima axial es paratraqueal en bandas y aliforme

confluente, presenta abundantes cristales de tipo paralelepípedo, romboidal y adiamantado, así como gomas y aceites; diámetro tangencial pequeño, longitud corta y moderadamente numerosos. Los radios son uniseriados, biseriados y triseriados, y rara vez multiseriados (de 4-6 células de ancho), homocelulares, poco numerosos y con cristales, gomas y aceites. Las fibras son de tipo libriforme, de longitud media diámetro fino y pared celular gruesa (Cuadros 1, 2 y Figura 2 y 3).

Las características de *Peltogyne mexicana* son similares con las de otras especies como *P. porphyrocardia*, *P. densiflora*, *P. paniculata*, *P. venosa*, *P. pubescens* (Carothie, 1967; Kribs, 1968; Echenique y Plumparte, 1994).

### Proporción de elementos constitutivos

Al realizar un análisis de varianza con los datos cerca de la médula intermedios y cerca de la corteza, se observó

que existe una diferencia importante en la proporción de elementos de vasos y que se incrementa desde el centro a la periferia; en los rayos y el parénquima axial en porcentaje fue similar, en la sección radial en tanto que en las fibras disminuyó. El alto porcentaje de fibras (61 %) es acorde con la alta densidad de la madera de esta especie (Cuadro 3).

### Propiedades físicas

#### Contenido de humedad verde de la albura y el duramen

El contenido de humedad verde promedio registrado para la albura de esta especie fue de 45.66 y de 37.41 % para el duramen. Estos resultados permiten clasificar al duramen en la clase A y a la albura en la clase B, según Simpson and TenWolde (1999).

CUADRO 1. Características microscópicas de la madera de *Peltogyne mexicana*.

Vasos								
Distribución	Disposición	Poros		Elementos vasculares			Puntuaciones	Placa perforada
		Núm./mm <sup>2</sup>	Núm./mm	Ø tan	Ø rad	longitud		
Difusa	Solitarios y múltiples radiales de 2 a 9	Med 15.78 SD 3.0680 Min 10.00 Max 22.25	Med 3.12 SD 0.8598 Min 1.50 Max 4.25	Med 85.45 SD 17.1374 Min 30.00 Max 170.00	Med 124.30 SD 54.7230 Min 30.00 Max 390.00	Med 325.30 SD 39.53 Min 175.00 Max 420.00	Areoladas Alternas	Simple
Parenquima								
Axial	Radial			Total Promedio				
	Clase y tipo	Clase	No/mm <sup>2</sup>	No/mm	Altura	Ancho	No/mm <sup>2</sup>	No/mm
Paratraqueal en bandas y aliforme confluentes	Uniseriados, biseriados y triseriados, rara vez poliseriados (4-6 células)	Uniseriados	Med 6.45	Med 1.78	Med 166.78	Med 10.18	Med 15.44 SD 3.7283 Min 9.50 Max 23.75	Med 6.64 SD 1.7012 Min 3.50 Max 10.00
			SD 2.8879	SD 1.0985	SD 56.7918	SD 2.5579		
			Min 2.25	Min 0.00	Min 50.00	Min 5.00		
			Max 13.00	Max 4.45	Max 400.00	Max 20.00		
	Homocelulares	Biseriados	Med 5.33	Med 2.39	Med 249.13	Med 21.98		
			SD 1.7946	SD 1.0293	SD 97.7116	SD 4.2497		
			Min 2.25	Min 0.50	Min 120.00	Min 15.00		
			Max 9.25	Max 4.50	Max 700.00	Max 30.00		
	Triseriados	Med 3.65	Med 2.46	Med 462.54	Med 34.67			
		SD 1.6963	SD 1.0584	SD 141.7843	SD 6.3384			
		Min 1.25	Min 0.50	Min 210.00	Min 25.00			
		Max 8.00	Max 4.75	Max 910.00	Max 50.00			
Fibras								
Madera Temprana				Tipo	Madera Tardía			
Longitud	Ø Total	Ø de lumen	Grosor pared		Longitud	Ø Total	Ø de lumen	Grosor pared
Med 1373.02 SD 178.0267 Min 850.00 Max 1720.00	Med 15.58 SD 2.4329 Min 10.00 Max 20.00	Med 6.28 SD 1.4579 Min 3.75 Max 10.00	Med 4.65 SD 1.1612 Min 2.50 Max 7.50	Libriforme	Med 1232.35 SD 197.1556 Min 750.00 Max 1600.00	Med 13.61 SD 2.7931 Min 8.75 Max 25.00	Med 3.62 SD 1.0681 Min 2.50 Max 5.00	Med 5.17 SD 1.1929 Min 3.12 Max 7.50

CUADRO 2. Clasificación de los elementos celulares de la madera de *Peltogyne mexicana* Martínez.

Elementos celulares	Característica	Magnitud	Clasificación
Vasos	Núm./mm <sup>2</sup>	15.78	Moderadamente numerosos*
	Núm./mm	3.12	Moderadamente numerosos*
	Diámetro tangencial $\mu$	85.45	Muy pequeño*
	Diámetro radial $\mu$	124.45	Pequeño*
	Longitud $\mu$	325.30	Muy corta**
Fibras de madera temprana	Diámetro total $\mu$	15.58	Finas***
	Diámetro de lumen $\mu$	6.28	Mediano**
	Grosor de pared $\mu$	4.65	Gruesa***
	Longitud $\mu$	1373.02	Media***
Fibras de madera tardía	Diámetro total $\mu$	13.61	Finas***
	Diámetro de lumen $\mu$	3.63	Muy fino**
	Grosor de pared $\mu$	5.17	Muy gruesa***
	Longitud $\mu$	1232.35	Media***
Rayos uniseriados	Núm./mm <sup>2</sup>	6.45	
	Núm./mm	1.78	
	Altura $\mu$	166.78	Muy bajos***
	Anchura $\mu$	10.18	Extremadamente finos*
Rayos biseriados	Núm./mm <sup>2</sup>	5.33	
	Núm./mm	2.39	
	Altura $\mu$	249.13	Bajos***
	Anchura $\mu$	21.98	Muy finos*
Rayos triseriados	Núm./mm <sup>2</sup>	3.65	
	Núm./mm	2.46	
	Altura $\mu$	462.54	Bajos***
	Anchura $\mu$	34.67	Moderadamente finos*
Total de rayos	Núm./mm <sup>2</sup>	15.44	
	Núm./mm	6.64	Poco numerosos***

\*(Jane, 1970); \*\*(Terrazas, 1984); \*\*\*Tortorelli, (1956)

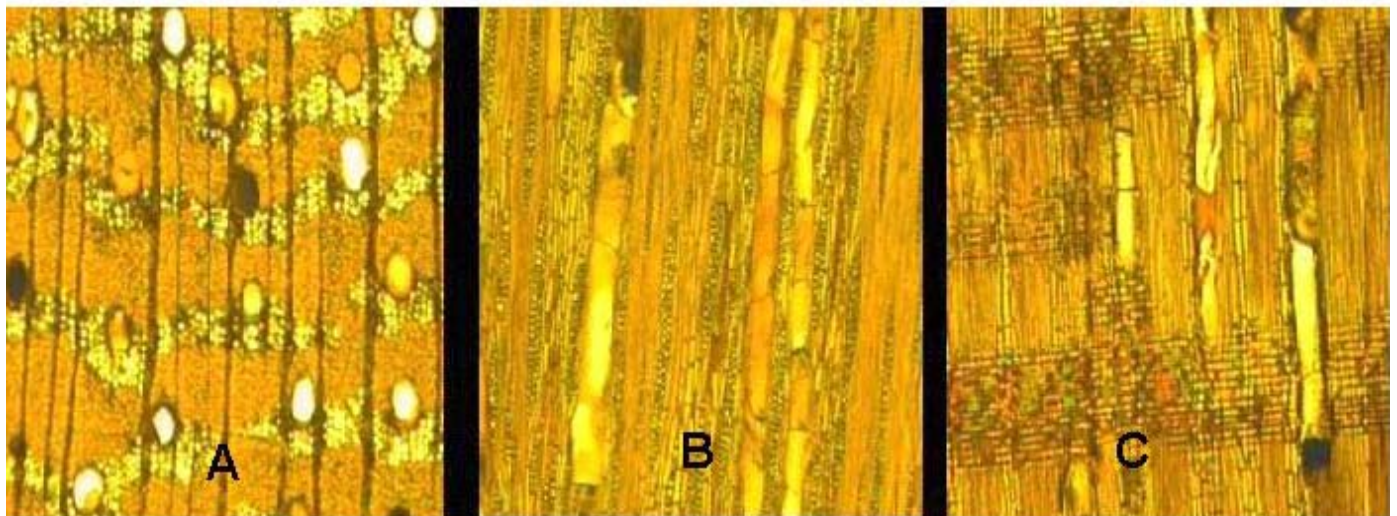


FIGURA 2. A: Parénquima axial con gomas, B: Elementos de vaso taponeados de gomas, C: Puntuaciones alternas y placa perforada, D: Cristales en parénquima axial E: Parénquima de rayo con gomas

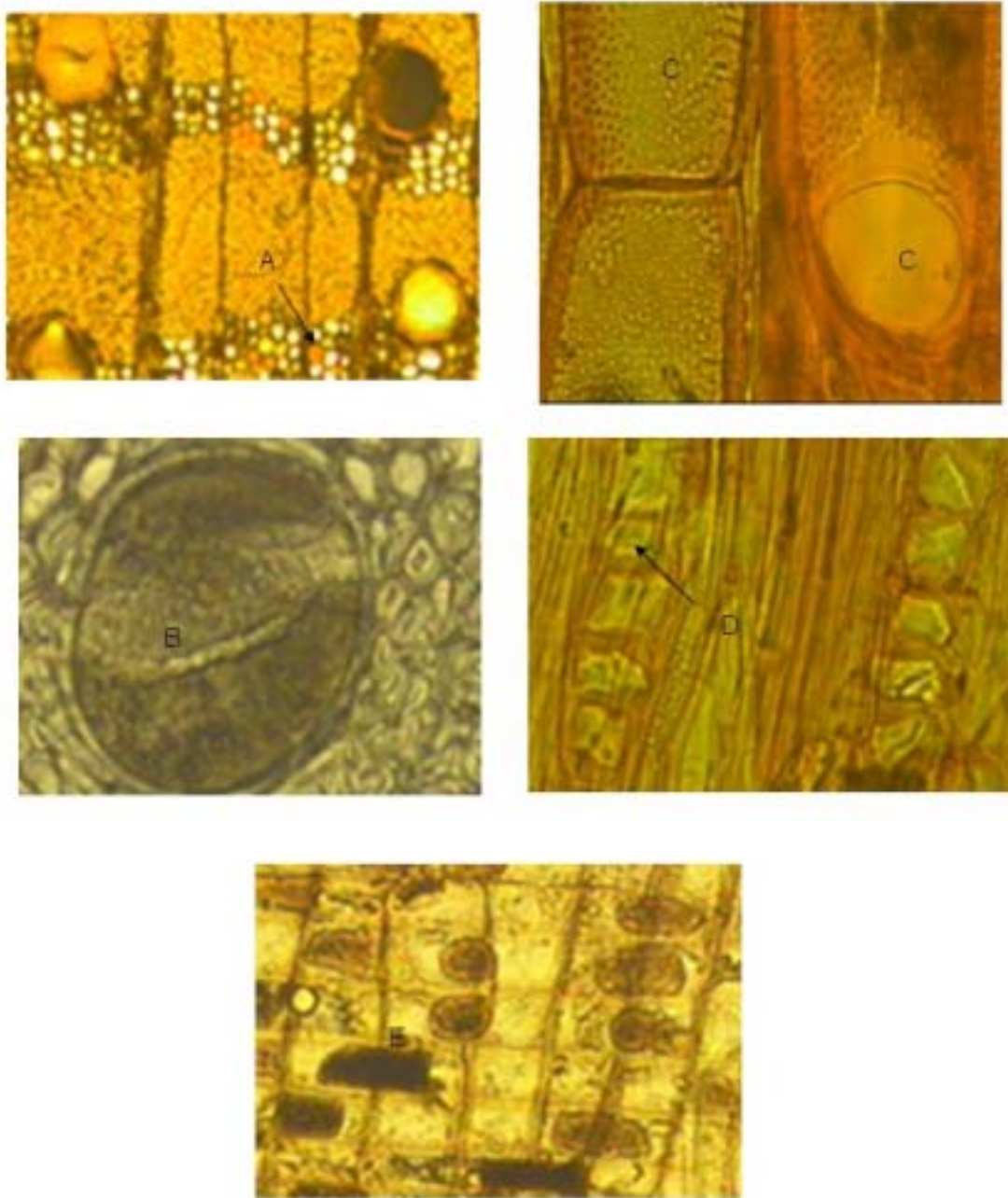


FIGURA 3. A: Parénquima axial con gomas, B: Elementos de vaso taponeados de gomas, C: Puntuaciones alternas y placa perforada, D: Cristales en parénquima axial E: Parénquima de rayo con gomas

CUADRO 3. Proporción de elementos constitutivos de la madera de *Peltogyne mexicana*.

Zona	Proporción %			
	Vasos	Rayos	Parénquima axial	Fibras
1	11.44 b	11.58 a	14.01 a	62.98 a
2	13.49 ab	11.24 a	11.66 a	63.59 a
3	19.95 a	9.90 a	10.34 a	59.76 ab
4	19.86 a	12.54 a	12.54 a	57.65 b
media	16.20	10.67 a	12.13	61.00

Características tecnológicas de...

### Densidad de la albura y el duramen

La densidad de la madera es el criterio más satisfactorio para determinar sus características de resistencia y puede emplearse en la selección y clasificación de piezas de madera. En el Cuadro 4 se muestran las densidades; considerando la densidad básica y normal se clasifica a la madera de esta especie como pesada, la densidad básica coincide con *P. porphyrocardia*, *P. densiflora* (Carothie, 1967; Kribs, 1968) y con Arroyo (1971), con la densidad verde y la densidad al 12 % de contenido

CUADRO 4. Densidades de la madera de *Peltogyne mexicana* Martínez.

madera	Densidad g/cm <sup>3</sup>						
	Básica (Db) **		Verde (Dv)	Anhídra (Do)	Normal *** (Dh)*		
		Valor	Clasificación			Valor	Clasificación
Duramen	Máxima	0.99		1.35	1.10	1.17	
	Media	0.84	Pesada	1.29	0.95	0.99	Pesada
	Mínima	0.76		1.26	0.88	0.92	
	Des. Estándar	0.06015		0.02261	0.06150	0.06595	
Albura	Máxima	0.93		1.28	1.09	1.03	
	Media	0.71	Semipesado	1.24	0.84	0.87	Pesada
	Mínima	0.67		1.23	0.78	0.87	
	Des. Estándar	0.95136		0.01276	0.06358	0.82	

\*Duramen 11.04% de Contenido de humedad, Albura 10.34de Contenido de humedad.

\*\*Vignote y Jiménez, (1996)

\*\*\* Díaz, (1960)

de humedad con *P. porphyrocardia*. Una densidad pesada quiere decir que esta madera presenta una alta resistencia mecánica, pero va a presentar dificultad en la trabajabilidad.

En el Cuadro 5 se puede observar que la madera de *P. mexicana* presenta contracciones de medianas a altas, pero si se observa la relación de anisotropía del duramen se clasifica como baja, no así en la albura. El punto de saturación de la fibra (PSF) es bajo en ambas así como el coeficiente de contracción volumétrica, el coeficiente de hinchamiento clasifica al duramen como medianamente nervioso.

Se puede decir que la madera de duramen tiene mayor estabilidad dimensional y probablemente se presenten menores defectos de secado que en la albura. El bajo valor del PSF para el duramen, se debe a la gran cantidad de extractivos presentes en éste, este es similar al reportado para *Amaranthe* que es de 23 % que también reporta al género como una madera medianamente estable (tropix 5.0, Cirad, 15/12/03); así mismo, se tiene que considerar en el proceso de secado ya que a partir de este contenido de humedad se dan los cambios dimensionales en la madera.

### Propiedades mecánicas

Si se comparan los valores de resistencia con los reportados (Haygreen y Bowyer, 1989; Echenique y Robles, 1993) para el género *Peltogyne* spp., el  $E_{Lp}$  se encuentra entre los más bajos; sin embargo, superan en más del doble en el MOR y casi el doble en el MOE, lo que hace suponer que esta especie es una de las más resistentes dentro del género.

Al comparar a *P. mexicana* Martínez con *P. Porphyrocardia*, presentan valores muy similares en el MOR

y MOE en condición seca con 2,030.69 kg/cm<sup>2</sup> y 246,714.02 kg/cm<sup>2</sup> contra 2,177 kg/cm<sup>2</sup> y 244,000 kg/cm<sup>2</sup> (Arroyo, 1971), respectivamente, es debido a que presentan una densidad normal del duramen muy similar de 0.99 gr/cm<sup>3</sup> (*P. mexicana* Martínez) y 1.05 gr/cm<sup>3</sup> (*P. Porphyrocardia*).

En cuanto a la resistencia a la compresión perpendicular a la fibra del duramen a 12 % CH, el valor reportado por Arroyo (1971) para *P. porphyrocardia* es inferior (213 kg/cm<sup>2</sup>) al encontrado para *P. mexicana* Martínez (338.34 kg/cm<sup>2</sup>)

La dureza lateral en el duramen de *P. mexicana* Martínez (1956.92 kg) es ligeramente superior al reportado para el género *Peltogyne* spp. (1,778.07 kg). Ambos valores son superiores a los informados por Arroyo (1971) para *P. paniculata* (858 kg)

El valor de dureza Janka de *P. mexicana* Martínez para el extremo en la madera del duramen es más bajo que en los laterales, valores que teóricamente no pueden justificarse. Sin embargo, los mismos resultados fueron observados por Arroyo (1971) para *P. porphyrocardia* con 1,782 kg y 1,593 kg lateral y transversal, respectivamente. Echenique y Robles (1993) encontraron que tanto en verde como al 12 % de CH los valores de dureza en los extremos fueron menores a los laterales para *P. porphyrocardia*, reportando en condición verde 1,524 kg (lateral) y 1,364 kg (extremos) y en condición seca 1,931 kg (lateral) y 1,914 kg (extremos).

### CONCLUSIONES

En su constitución anatómica la madera de *Peltogyne mexicana* Martínez es homogénea, constituida principalmente por fibras libriformes (sustancia madera), lo que le proporciona una alta densidad. Contiene una gran

CUADRO 5. Propiedades físicas de la madera de *Peltogyne mexicana*.

		Contracción %					
		Radial	Tangencial	Volumétrica			
		Parcial	Total	Parcial	Total	Parcial	Total
Duramen	Máxima	3.42	4.90	5.32	7.73	7.96	13.35
	Media	2.66	4.10	4.04	6.04	6.36	11.60
	Mínima	0.57	0.62	3.31	5.18	4.79	9.44
	D.E	0.49734	0.69715	0.57064	0.67080	0.78427	0.96740
	Clasif.	Alta		Mediana		Mediana	
C.H.	8.05		8.30		11.05		
Albura	Máxima	4.31	5.97	7.24	9.57	11.0	16.40
	Media	3.19	4.70	6.76	8.85	9.37	14.81
	Mínima	1.22	3.76	6.08	7.75	7.89	13.33
	D.E	0.58126	0.56711	0.28805	0.35728	0.71141	0.71863
	Clasif.	Alta		Muy alta		Media	
C.H.	7.86		8.20		10.35		
		Hinchamiento %					
		Radial	Tangencial	Volumétrica			
		Parcial	Total	Parcial	Total	Parcial	Total
Duramen	Máxima	4.10	5.16	2.61	8.37	6.91	15.41
	Media	1.59	4.28	2.12	6.43	5.93	13.14
	Mínima	1.11	0.62	1.84	5.46	5.14	10.43
	D.E	0.46831	0.73941	0.19696	0.76400	0.42551	1.22789
	C.H.	8.05		8.30		11.05	
Albura	Máxima	2.93	6.35	2.74	10.58	7.96	19.61
	Media	1.58	4.93	2.29	9.71	6.39	17.39
	Mínima	0.86	3.91	1.75	8.40	5.5	15.38
	D.E	0.48617	0.62681	0.16806	0.42906	0.4909	0.99406
	C.H.	7.86		8.20		10.35	
		A	PSF	V	Vc		
Duramen	Valor	1.47	15.30	0.54	0.76		
	Clasificación	Baja	Bajo	Medianamente nerviosa		Alto	
Albura	Valor	1.88	22.86	0.62	0.65		
	Clasificación	Alta	Bajo	Nerviosa	Alto		

A: Anisotropía; P.S.F.: Punto de Saturación de la Fibra; V: Coeficiente de hinchamiento; Vc: Coeficiente de contracción volumétrica; D.E.: Desviación estándar, Clasif.: Clasificación; C.H.: Contenido de humedad.

CUADRO 6. Propiedades mecánicas de la madera de *Peltogyne mexicana*.

$E_{LP}$  = Esfuerzo al límite de proporcionalidad.

Condición	Propiedades mecánicas								
Contenido de humedad	Flexión estática			Compresión perpendicular*			Dureza Janka (kg)*		
	$E_{LP}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	Albura $E_{LP}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Duramen $E_{LP}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Albura Lateral	Extremos	Duramen Lateral	Extremos
Verde	785.52	151, 901.45	1,324.70	91.25	228.27	630.57	640.00	1211.23	963.60
12 %	970.96	246,714.02	2,030.69	184.06	338.34	956.94	1103.17	1956.92	1565.73
Clasificación Bajo		Muy alto	Muy alto	Muy alta	Muy alta	Alta	Muy alta		

MOE = Módulo de elasticidad; MOR=Módulo de Ruptura. \*Fuentes, 1998; \*\*Novelo, 1964.



cantidad de extractivos (gomas y aceites) que se encuentran obstruyendo a los elementos celulares, lo que dificultaría el proceso de secado. La gran cantidad de cristales hace necesaria la utilización de herramientas especiales en su procesamiento.

Los valores promedio de sus propiedades físicas indican que es una madera pesada y de cambios dimensionales medios y relación de anisotropía alta, por lo que se debe utilizar en sitios con pocos cambios en los factores ambientales.

Los resultados de las pruebas mecánicas ubican a la madera (duramen y albura) de esta especie como de alta resistencia, tanto saturada como al 12 % de CH, lo que proporciona una garantía en usos de ingeniería civil pesada y su gran dureza y belleza la sitúan como excelente material para la fabricación de pisos y usos afines.

Las características y propiedades tecnológicas de la madera determinadas en el presente trabajo, muestran que *Peltogyne mexicana* Martínez puede ser utilizada en: construcción civil pesada interna y externa, pisos, bases para tacos de billar, adornos en la industria textil, construcciones navales, fabricación de instrumentos musicales (guitarras), partes decorativas, mangos para lapiceros, escaleras, pasamanos y chapa.

La madera de albura puede utilizarse para la fabricación de muebles de bajo valor comercial o bien se puede combinar con el duramen en una pieza de artesanía torneada o tallada, mangos de herramientas para trabajo ligero, fabricación de muebles tapizados, construcción de puentes de tránsito ligero, vigas y morillos, carbón, postes, etc.

A pesar de una gran cantidad de usos que se le puede dar a la madera de ésta especie, su aprovechamiento será restringido por mucho tiempo, hasta lograr estabilizar sus poblaciones e incluso incrementar el área de distribución natural mediante plantaciones y así sacar a esta especie del estatus de **amenazada**.

### AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece a la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria por el apoyo económico otorgado, al personal del Laboratorio de Tecnología de la Madera de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo y al INIFAP Campo Experimental San Martinito, para la realización del presente proyecto.

### LITERATURA CITADA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1992. Standar

Methods of testing Small clear Specimens of timber. Annual book of ASTM Standars. Construction section 04.09 wood. ASTM D.143. Philadelphia, USA, pp 42-71.

ARROYO P., J. 1971. Clasificación y esfuerzos de trabajo para maderas venezolanas. Ministerio de Agricultura. Mérida, Venezuela. 84 p.

BODING, J.; JANE B., A. 1982. Mechanics of wood and wood composites. Van Nostrand Reinhold. New York, E.U.A. 711 p.

BORJA DE LA R., A.; TAMARIT U., J. C. 1997. Propiedades tecnológicas de la madera de *Pinus arizonica* Engelm del estado de Durango, México. Revista Chapingo. Serie: Ciencias Forestales, Vol. III. (1):103-107. Chapingo, México.

CAROTHIE, H. 1967. Estructura anatómica de 47 maderas de la Guayana Venezolana y clave para su identificación. Publicación No. 1 de Agricultura y Cría. Universidad de los Andes. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Los Charcos de Mérida, Venezuela. 125 p

DÍAZ G., V. 1960. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Unidad de Enseñanza e Investigación en Bosques. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Texcoco, México. 119p

DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS (D.G.N.) 1981. NOM-EE-117-1981. Envase y embalajes. Determinación de peso específico aparente en maderas. Secretaria de patrimonio y fomento industrial. México, D. F. 6 p

DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS (D.G.N.) 1983. NOM-EE-167-1983. Envase y embalajes – Madera – Contracción lineal. Método de prueba. Secretaria de patrimonio y fomento industrial. México, D.F. 7 p

ECHENIQUE M. R.; ROBLES F., F. 1993. Ciencia y tecnología de la madera, vol. I. Textos Universitarios. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver., México 137 p.

ECHENIQUE M., R.; PLUMPTRE R., A. 1994 Guía para el uso de maderas de México y Belice. Universidad de Guadalajara, Consejo Británico, Universidad de Oxford y LACITEMA, A. C. Xalapa, Ver., México 196 p.

FUENTES S., M. 1998. Propiedades tecnológicas de las maderas mexicanas, de importancia en la construcción. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Vol. IV (1):221-229. Chapingo, México.

HAYGREEN, J. G.; BOWYER J., L. 1989. Forest Products and wood science: An introduction 2ª Edition. Iowa State University, Press, Ames, Iowa, E.U.A. 500 p

JANE, F., W. 1970. The structure of Wood. 2ª edition. Adam. & Charles Black. London, 478 p

KRIBS, D. A. 1968. Comercial foreing Wood on the American market.. Dover Publications. New York, E. U. A. 241 p

LONGWOOD, F. R. 1971 Comercial Timbers of the Caribbean. Agriculture Handbook No. 207. Washintong, D.C. U.S.A. 96-99 p

MACHUCA V., R. 1995. Estudio tecnológico de la madera de *Quercus insignis* de Huatusco, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 144 p

MARTÍNEZ, M. 1960. Una especie de *Peltogyne* en México. Anales del Instituto de Biología. Tomo XXXI. UNAM. México, D. F: 123-131p

MUNSELL COLOR COMPANY. 1975. Munsell soil color charts. Baltimore, Maryland. 17 p.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-059-ECOL-1994. Que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas e peligro de extinción, amenazadas, raras y las

- sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección. México, D. F.
- NOVELO G., G. DE J. 1964. Posibles aplicaciones de la madera de cuatro especies tropicales con base en sus propiedades físicas y mecánicas. Tesis de Licenciatura. Departamento de Bosques, ENA. Chapingo, Estado de México, México. 42 p.
- 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.116 p
- TORTORELLI L., A. 1956. Madera y Bosques Argentinos. ACME. Buenos Aires. 910 p
- SPP. 2000. Anuario Estadístico del Estado de Guerrero. México, D. F.
- SIMPSON, W.; TENWOLDE, A.. 1999. Wood handbook-wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113. Department of Agriculture, Forest Service. Forest Products Laboratory. Madison, WI, E.U.A. 463 p.
- VIGNOTE, S.; JIMÉNEZ. 1996. Tecnología de la madera. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 606 p.