

Comparación de la gravedad específica y características anatómicas de la madera de dos comunidades vegetales en México

SILVIA AGUILAR-RODRÍGUEZ*
LEONOR ABUNDIZ-BONILLA*
JOSEFINA BARAJAS-MORALES**

Resumen. Se obtuvo la gravedad específica básica y las siguientes características anatómicas: longitud de los elementos de vaso y fibras, diámetro tangencial y frecuencia de vasos, grosor de pared de fibras y frecuencia de radios de la madera de 29 especies de un bosque mesófilo de montaña del Estado de México y de 26 especies de un matorral xerófilo de Puebla. Las características de ambas comunidades se compararon mediante una prueba t de student, que mostró diferencias significativas en la gravedad específica, longitud de elementos de vaso y de fibras y en el grosor de pared de fibra. También se aplicó un análisis de correlación de Pearson entre la gravedad específica básica y el grosor de pared de fibras en las especies de cada región y se encontró una alta correlación positiva entre ellas. Se hizo evidente que las especies con fibras de paredes gruesas y gravedad específica alta predominan en los ambientes secos, mientras que especies con gravedad específica mediana o baja y fibras con paredes delgadas, dominan en ambientes con mayor humedad. La hipótesis de que la presencia de especies con madera de estructura mesomórfica en ambientes secos es posible gracias a que otros órganos de las plantas, como raíces, cortezas y hojas, actúan amortiguando la influencia del clima sobre la estructura de la madera no se pudo demostrar en las especies estudiadas.

Palabras clave: gravedad específica, madera, bosque mesófilo, matorral xerófilo

Abstract. Basic specific gravity and some microscopic wood characteristics such as length of vessel elements and fibres, tangential diameter of vessels, vessel frequency, ray frequency and fibre wall thickness of 29 species from a cloud forest from the state of Mexico as well as 26 species from a xerophytic region from the state of Puebla were obtained. The characteristics of the woods from

*Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Av. de los Barrios s/n, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México.

** Instituto de Biología, UNAM, Apartado Postal 70-233, Coyoacán, 04510 México D.F.

the trees of both communities were compared by a student-t test whose results show significant differences in specific gravity, length of vessel elements, fibre length, and fibre wall thickness. A Pearson correlation analysis for the species of each region, was performed, between specific gravity and fibre wall thickness, showing that there is a positive relationship between specific gravity and fibre wall thickness. It is clear that species with thick-walled fibres and high density were predominant in the dry forest, whereas species with medium or low specific gravity and thin-walled fibres were found in places with high humidity. The hypothesis that mesomorphic wood in dry environment is possible due to other structures of the plants, such as roots, barks and specialized leaves that can act like a buffer, softening the climatic influence over the wood structure, could not be demonstrated on the studied species.

Key words: specific gravity, wood, cloud forest, dry forest

Introducción

La gravedad específica básica (GE) o densidad de la madera es una característica que está asociada con el peso y la dureza de la misma. Ha sido definida como la relación entre la masa y la unidad de volumen (Panshin y De Zeeuw, 1970). La gravedad específica depende de la cantidad y tipo de elementos celulares que constituyen a cada especie, pero también se ve influenciada por el grosor de la pared celular de dichos elementos (Kollman y Coté, 1968). Por otra parte la mayoría de las propiedades físicas y mecánicas de la madera como dureza, peso y resistencia al impacto y a la abrasión están directamente relacionadas con la GE; a su vez esta característica se asocia con las condiciones climáticas que prevalecen en la región donde los individuos crecen (Barajas-Morales, 1987).

A pesar de la importancia que tiene la densidad de las especies maderables como indicador de sus características físicas, mecánicas y anatómicas, los trabajos que estudian la relación anatomía-densidad para especies mexicanas son pocos. En 1970 Echenique-Manrique en sus descripciones de 25 maderas tropicales introduce datos de gravedad específica para cada especie estudiada. En 1987 Barajas-Morales compara las tendencias y datos promedio de la GE de dos selvas tropicales de México, encontrando diferencias notables. Algunos trabajos relacionan las características anatómicas de la madera de diferentes comunidades vegetales con el clima (Baas y Carlquist, 1985; Barajas-Morales, 1985; Carlquist y Hoekman, 1985; Fahn *et al.*, 1986; Aguilar-Rodríguez, 1996; Abundiz-Bonilla, 1999), observando que en ambientes secos los elementos de vaso y fibras tienden a ser más cortos que en los ambientes con mayor humedad. Otros trabajos relacionan la GE con diversos ambientes (Williamson, 1984; Barajas-Morales, 1987; Wiemann y Williamson, 1988; 1989); en éstos se ha encontrado que las maderas de ambientes más secos frecuentemente son más pesadas que las de ambientes con mayor humedad. Diferentes estudios asocian las caracterís-

ticas anatómicas de la madera con su GE. Fujiwara (1992) informa que la densidad básica está relacionada tanto con la pared de fibras como con los contenidos de la pared de fibras y de radios. Denne y Hale (1999) observaron que en árboles juveniles el incremento de la densidad está asociado a un incremento simultáneo en el porcentaje de pared de fibras y en el lumen de vasos; mientras que en árboles maduros la densidad decrece como consecuencia de cambios en el porcentaje de la pared de fibras y del lumen de los vasos.

Con el propósito de dar a conocer la GE de las especies arbóreas del área de estudio y sus correlaciones con las características anatómicas de la madera, además de hacer algunas asociaciones con el clima, se compararon dos comunidades vegetales, las cuales contrastan tanto en posición geográfica como en condiciones climáticas (Cuadro 1). Se analizaron tanto la GE como algunos caracteres anatómicos de la madera de las especies de un bosque mesófilo de montaña (Ocuilán, Estado de México) y un matorral xerófilo (Tehuacán, Puebla) en México.

Cuadro 1. Información geográfica y climática de Ocuilán, Edo. de México y Tehuacán, Puebla

	Ocuilán	Tehuacán
Posición geográfica	Latitud N 19° 02' Latitud N 17° 48'	Longitud O 99° 20' Longitud O 97° 03'
Altitud	2200-2300 m	650-1500 m
Temperatura media anual	17.5 °C	18-22 °C
Precipitación media anual	1200-1700 mm	301-478 mm
Clima	Templado subhúmedo Cwbg	Semiárido BSo y BS1

Materiales y métodos

Se estudiaron 29 especies arbóreas del bosque mesófilo de montaña y 26 del matorral xerófilo. Se obtuvo la altura de los individuos, así como el diámetro a la altura del pecho (d.a.p.) del tronco principal (Cuadros 2 y 3), tomándose de dicho tronco una rodaja de madera, de 5 cm de longitud. De ésta se obtuvieron cubos de madera de 2 cm de lado que fueron secados a 105 °C por 24 horas; una vez en condición anhidra se pesaron y se determinó su volumen por desplazamiento de agua. La GE (Cuadro 2) se consideró de acuerdo con lo propuesto por la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera (IAWA, 1989) de la siguiente manera: baja < de 0.40, mediana de 0.40 – 0.75 y alta de 0.76 en adelante.

A partir de muestras cúbicas obtenidas del tronco de cada especie y utilizando un micrótopo de deslizamiento, se obtuvieron cortes de 20-30 mm de grosor con los que se elaboraron laminillas fijas de acuerdo a la microtecnia convencional (Johansen, 1940). También se elaboró material disociado de la madera, en el que se efectuaron

Cuadro 2. Altura (A), diámetro a la altura del pecho (d.a.p.) y gravedad específica (GE) de las especies del bosque mesófilo de montaña

Especies	A (m)	d.a.p. (cm)	GE
ARALIACEAE			
<i>Oreopanax peltatus</i> Linden ex Regel	26	23	0.82
<i>Oreopanax xalapensis</i> (H.B.K.) Decne. et Planchon	11	24	0.66
BETULACEAE			
<i>Alnus acuminata</i> H.B.K. subsp. <i>arguta</i> (Schlechtendal) Furlow	12	32	0.40
<i>Carpinus caroliniana</i> Walt.	12	32	0.74
CELASTRACEAE			
<i>Perrottetia longistylis</i> Rose	30	30	0.44
<i>Zinowiewia concinna</i> Lundell	20	42	0.63
CLETHRACEAE			
<i>Clethra mexicana</i> DC.	6	25	0.56
CORNACEAE			
<i>Cornus disciflora</i> DC.	15	20	0.68
DILLENIACEAE			
<i>Saurauia reticulata</i> Rose	15	20	0.50
ERICACEAE			
<i>Arbutus xalapensis</i> H.B.K.	10	21	0.75
<i>Arctostaphylos discolor</i> (Hook.) DC.	5	15	0.83
FLACOURTIACEAE			
<i>Xylosma flexuosum</i> (H.B.K.) Hemsl.	4	12	0.73
GARRYACEAE			
<i>Garrya laurifolia</i> Hartw.	10	31	0.79
LOGANIACEAE			
<i>Buddleia americana</i> L.	10	21	0.75
<i>Buddleia parviflora</i> H.B.K.	5	14	0.72
MYRSINACEAE			
<i>Ardisia compressa</i> H.B.K.	9	28	.65
<i>Rapanea juergensenii</i> Mez	14	27	0.76
OLEACEAE			
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenzig) Lingelsh.	20	27	0.67

Cuadro 2, continuación

Especies	A (m)	d.a.p. GE (cm)	
ONAGRACEAE			
<i>Fuchsia arborescens</i> Sims	10	11	0.56
ROSACEAE			
<i>Crataegus pubescens</i> (H.B.K.) Steud.	9	16	0.64
<i>Prunus brachybotrya</i> Zucc.	15	23	0.79
SABIACEAE			
<i>Meliosma dentata</i> (Liebm.) Urban	22	45	0.57
SALICACEAE			
<i>Salix bonplandiana</i> H.B.K.	12	31	0.56
<i>Salix paradoxa</i> H.B.K.	8	19	0.59
STYRACACEAE			
<i>Styrax argenteus</i> C. Presl var. <i>ramirezii</i> (Greenm.) Gonsoulin	6	15	0.53
SYMPLOCACEAE			
<i>Symplocos citrea</i> Lex.	12	70	0.50
THEACEAE			
<i>Cleyera integrifolia</i> (Benth.) Choisy	9	22	0.64
<i>Ternstroemia pringlei</i> (Rose) Standley	12	20	0.63
TILIACEAE			
<i>Tilia houghii</i> Rose	17	24	0.40

Cuadro 3. Altura (A) y diámetro a la altura del pecho (d.a.p.) de las especies del matorral xerófilo

Especies	A (m)	d.a.p. (cm)
ANACARDIACEAE		
<i>Cyrtocarpa procera</i> Kunth	6	26
<i>Pistacia mexicana</i> Kunth	5	18
BOMBACACEAE		
<i>Ceiba parviflora</i> Rose	5	14
BORAGINACEAE		
<i>Ehretia latifolia</i> DC.	5	27
BURSERACEAE		
<i>Bursera copallifera</i> (Sessé et Moc.) Bullock	5	14
<i>Bursera morelensis</i> Ramírez	7	36
COMPOSITAE		
<i>Gochnatia purpusii</i> Brandegee	2	5
ERYTHROXYLACEAE		
<i>Erythroxylum compactum</i> Rose	3	6
EUPHORBIACEAE		
<i>Euphorbia schlechtendalii</i> Boiss.	4	10
FOUQUIERIACEAE		
<i>Fouquieria formosa</i> Kunth	6	21
GARRYACEAE		
<i>Garrya ovata</i> Benth.	3.5	8
KRAMERIACEAE		
<i>Krameria cytisoides</i> Cav.	2	3
LEGUMINOSAE		
<i>Acacia bilimekii</i> Macbr.	7	26
<i>Cercidium praecox</i> (Ruiz et Pav.) Harms	6	24
<i>Conzattia multiflora</i> (Robinson) Standl.	7	21
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	6	10
<i>Havardia acatlensis</i> (Benth.) Britton et Rose	3	10
<i>Leucaena esculenta</i> (Mociño et Sessé ex DC.) Benth.	6	12
<i>Lonchocarpus oaxacensis</i> Pittier	6	16
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. et Bonpl. ex Willd.)	5	27
<i>Senna galeottiana</i> (Martens) Irwin et Barneby	2	11

Cuadro 3, continuación

Especies	A (m)	d.a.p. (cm)
MELIACEAE		
<i>Cedrela salvadorensis</i> Standl.	8	25
ROSACEAE		
<i>Cercocarpus fothergilloides</i> Kunth	6	4.5
RUBIACEAE		
<i>Coutaportla ghiesbreghtiana</i> (Baillo) Urban	5	7
RUTACEAE		
<i>Ptelea trifoliata</i> L.	3	6
SAPOTACEAE		
<i>Bumelia salicifolia</i> (L.) Sw.	5	6.5

25 mediciones de longitud de fibras y elementos de vaso obteniéndose los datos promedio para cada tipo celular; sus longitudes se calificaron como cortos, medianos y largos de acuerdo a IAWA (1937). En las preparaciones fijas se efectuaron las mediciones de diámetro de elementos de vaso, poros/mm², ancho y número de radios por mm, clasificándolos de acuerdo con la terminología y nomenclatura propuesta por IAWA (1989). El porcentaje de grosor de pared de fibra se obtuvo de acuerdo con la siguiente relación:

$$\text{porcentaje grosor de pared} = \frac{(\text{grosor de pared} \times 2) (100 \text{ porcentaje})}{\text{diámetro total de fibra}}$$

Todos los valores obtenidos se sometieron a una prueba de t student para observar y confirmar las diferencias significativas entre ambas comunidades; mediante una prueba de correlación de Pearson se relacionaron los diferentes elementos celulares con la GE.

Resultados

Se analizaron estadísticamente la GE, la longitud de elementos de vasos, el diámetro tangencial de vasos, poros por mm², longitud de fibras, porcentaje de grosor de pared de fibras y número de radios/mm para ambas comunidades.

Las especies del bosque mesófilo presentaron una amplia gama de densidades, pero se observó una mayor tendencia a presentar maderas con GE mediana (76 % de las especies), mientras que en los árboles del matorral xerófilo se formaron dos grupos bien definidos, el que tuvo GE mediana (48 %) y el que la presentó alta (52 %), siendo evidente la ausencia de especies con GE baja (Fig. 1). Los resultados de la prueba de t student mostraron diferencias significativas del 95 % (P = 0.023) entre los valores promedio de gravedad específica de las especies de ambas comunidades.

Al realizarse la comparación de la longitud de los elementos de vaso y de fibras, se observó que ambos tipos celulares son más cortos en las especies del matorral xerófilo que en las del bosque mesófilo; lo que se pudo constatar en la prueba de t student, con 97 % de significancia (P < 0.001) para estos dos caracteres (Figs. 2 y 3).

En el matorral xerófilo el promedio de diámetro de vaso fluctuó entre 44 y 269 μm, mientras que en el bosque mesófilo varió entre 51 y 143 μm; sin embargo, las diferencias en el diámetro de los vasos de las especies de ambas comunidades no fueron estadísticamente significativas.

Las especies del matorral xerófilo tendieron a presentar la pared de fibra más gruesa que las del bosque mesófilo con un 97 % de confianza (P < 0.001) (Fig. 4).

El análisis de correlación fue significativo exclusivamente en el caso de la GE con el porcentaje de grosor de pared de fibras, observándose una correlación positiva en ambas comunidades, siendo para el bosque mesófilo de 0.377 (P = 0.050) (Fig. 5) y para el matorral xerófilo de 0.828 (P = 1x10⁻⁶) (Fig. 6).

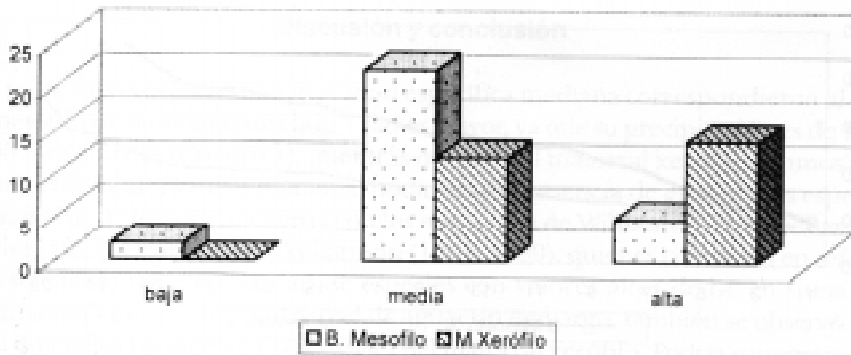


Fig. 1. Distribución de la gravedad específica de las especies de bosque mesófilo y matorral xerófilo. Las especies del matorral xerófilo muestran gravedad específica más alta.

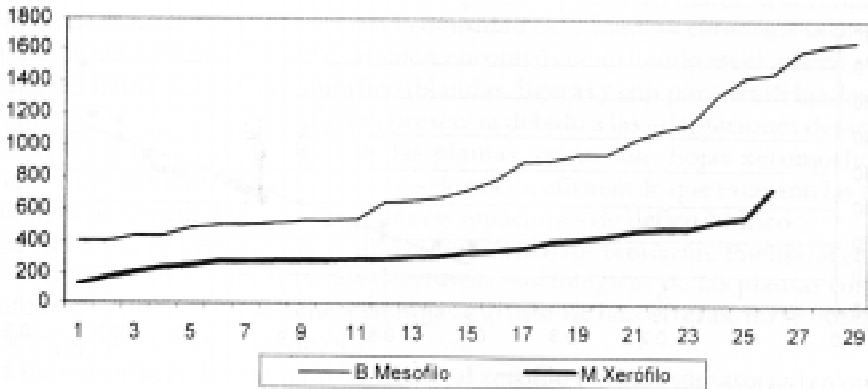


Fig. 2. Distribución de la longitud de elementos de vaso de las especies de bosque mesófilo y matorral xerófilo. Las especies del bosque mesófilo presentan los elementos más largos.

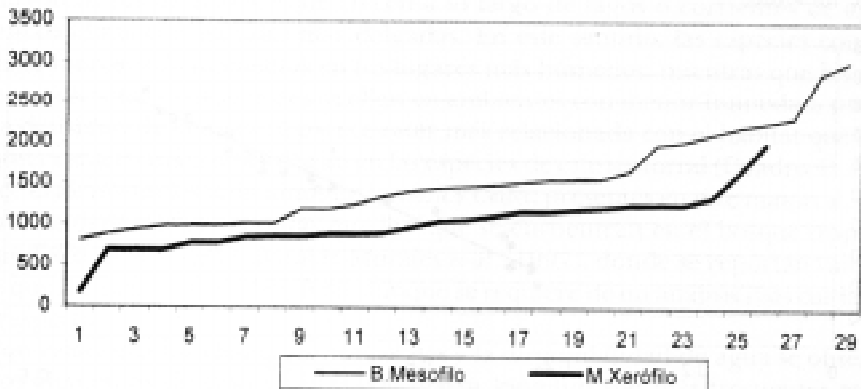


Fig. 3. Distribución de longitud de fibras de las especies de bosque mesófilo y matorral xerófilo. Las especies del bosque mesófilo presentan fibras más largas.

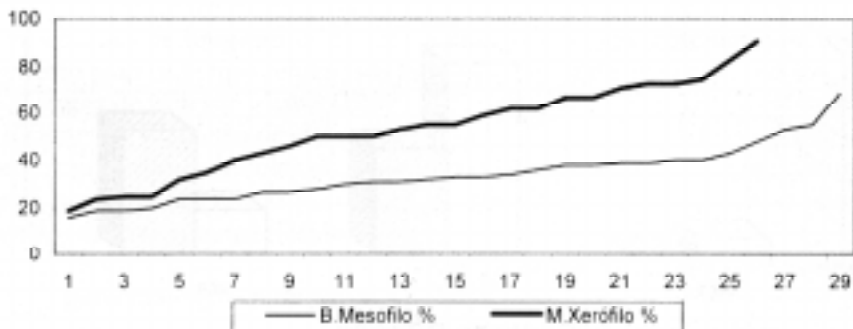


Fig. 4. Distribución del grosor de pared de fibras de las especies de bosque mesófilo y matorral xerófilo. Las especies del matorral xerófilo presentan fibras con paredes más gruesas.

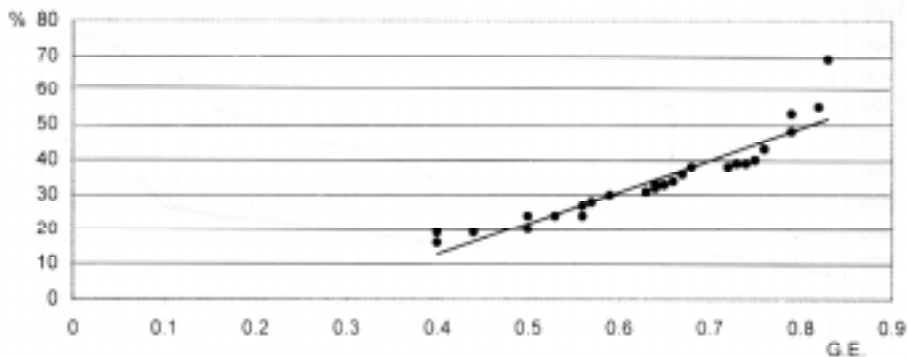


Fig. 5. Correlación entre gravedad específica y grosor de pared de fibras en las especies del bosque mesófilo.

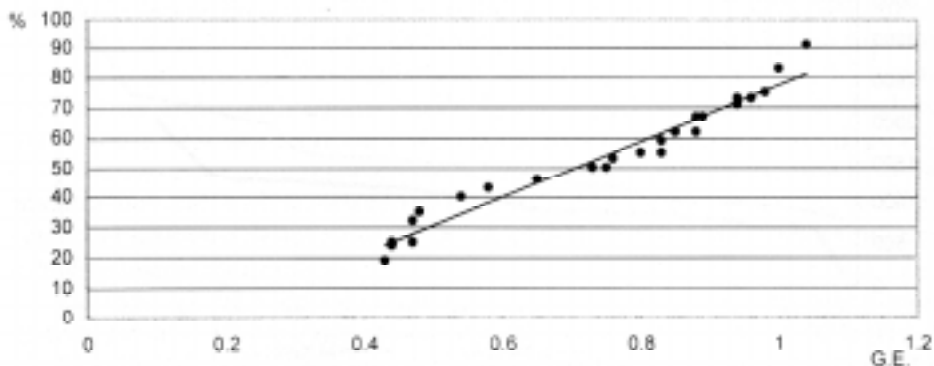


Fig. 6. Correlación entre gravedad específica y grosor de pared de fibras en las especies del matorral xerófilo.

Discusión y conclusión

Gran parte de las especies con gravedad específica mediana correspondieron al bosque mesófilo de montaña cuya humedad es mayor, ya que su precipitación es de 1200 a 1700 mm anuales (Cuadro 1), mientras que para el matorral xerófilo algunos taxa presentaron GE alta y otros mediana, notándose la ausencia de gravedades específicas bajas (Fig. 1) lo que concuerda con los resultados de Williamson (1984), Barajas-Morales (1987) y Wiemann y Williamson (1988, 1989), quienes coinciden en señalar la presencia de mayor cantidad de especies con valores altos de GE en sitios que presentan una menor disponibilidad de agua; sin embargo, también se observó gravedad específica mediana en 10 especies del matorral xerófilo. Podría suponerse que en esta zona de menor humedad, en donde la precipitación es de 400 mm anuales, la tendencia fuera únicamente hacia la presencia de especies con gravedad específica alta. A este respecto Lindorf (1994) encontró que las especies del matorral xerófilo de Venezuela presentaban un aumento en la densidad de la madera conforme la disponibilidad de agua disminuía, pero también encontró coexistiendo en el mismo sitio maderas del llamado tipo mesomórfico (blandas, ligeras y con paredes delgadas en los elementos traqueales) y justificó su presencia debido a las adaptaciones desarrolladas en otras partes del cuerpo de las plantas, como son: hojas xeromórficas, succulencia, deciduidad o diversos sistemas de raíces, afirmando que estas son las que permiten la presencia de dichas especies en situaciones de déficit hídrico.

Sin embargo, en las especies de tipo mesomórfico de Tehuacán, Puebla, al comparar la GE de la madera con las características morfológicas de las plantas como: microfilia, cantidad de pubescencia en hojas y grosor de las cortezas, no se observó alguna relación evidente (Cuadro 4).

La mesomorfia en las maderas de matorral xerófilo podría estar asociada a otros factores como lo afirman Fahn *et al.* (1986) quienes encuentran que en zonas áridas existe un alto porcentaje de especies con paredes de fibras gruesas pero en estos mismos sitios los individuos que crecen a lo largo de lagos o corrientes de agua presentan fibras con paredes más delgadas. En este sentido, las especies con GE mediana fueron más frecuentes en los lugares más húmedos, mientras que las que presentaron valores altos se desarrollan en ambientes con menor humedad, por lo que la densidad de la madera parece estar más relacionada con el hábitat que con cualquier característica morfológica en las especies de este matorral (Cuadro 4). Esto se hace evidente en los individuos de *Bursera* y *Ceiba*, presentes en este matorral, que mostraron densidades más altas que los que se encuentran en el bosque tropical perennifolio (Kribs, 1968; Barajas-Morales *et al.*, 1997), donde se reportan valores de GE que fluctúan entre 0.18 y 0.35, aunque se requiere de un análisis más cuidadoso al respecto.

Con relación a los elementos traqueales y la disponibilidad de agua se observó que los elementos de vaso y fibras con mayor longitud son más frecuentes en el bosque mesófilo de montaña cuya humedad es elevada, mientras que elementos más cortos se presentaron en el matorral xerófilo donde hay menor humedad. Es un

hecho actualmente aceptado que el tamaño de los elementos de vaso y fibras se ve influenciado por la disponibilidad de agua. Baas *et al.* (1983), Carlquist y Hoekman (1985) y Fahn *et al.* (1986) afirman que existe una relación positiva entre el tamaño de los elementos traqueales y la humedad. Dichas tendencias son evidentes en las especies de las dos comunidades estudiadas.

Respecto a la relación entre grosor de pared de fibras y los diferentes ambientes, se observaron paredes más gruesas en el matorral xerófilo que en el bosque mesófilo. En este sentido Fritts (1976) afirma que uno de los efectos más notables en los elementos celulares de la madera, cuando hay déficit de agua, es el incremento en el grosor de la pared de los mismos, lo cual también coincide con las observaciones de Barajas-Morales (1985) y Fahn *et al.* (1986). Al respecto, Carlquist (1975) menciona que la pared gruesa de los elementos imperforados puede explicar la resistencia mecánica de la madera en algunas especies y otros autores como Barajas-Morales (1987), Fujiwara (1992) y Denne y Hale (1999), agregan que dicho grosor debe manifestarse en la densidad, pues generalmente las paredes gruesas de las fibras se asocian con ambientes secos, mientras que las paredes delgadas son más comunes en zonas de mayor humedad. Tal información concuerda con los datos obtenidos en este trabajo, ya que el grosor de la pared de las fibras en ambas comunidades mostró diferencias significativas, presentándose las paredes más gruesas en el sitio más seco.

Los resultados de esta investigación entre la relación de GE y el grosor de la pared de fibras, coinciden con los obtenidos por Fujiwara (1992) y Denne y Hale (1999), también se observaron semejanzas entre los resultados que obtuvieron Williamson (1984), Barajas-Morales (1987) y Wiemann y Williamson (1988, 1989) respecto a la expresión de la GE en las diferentes condiciones de humedad.

Tanto en el matorral xerófilo como en el bosque mesófilo de montaña, la GE está asociada con el grosor de la pared de las fibras. GE altas se correlacionaron positivamente con elementos celulares de paredes gruesas y tienden a presentarse en un mayor número de especies de ambientes secos, como se observó en este matorral xerófilo; mientras que GE medianas o bajas se relacionaron con elementos celulares de paredes delgadas que son más frecuentes en ambientes húmedos, característicos de los bosques mesófilos de montaña.

En conclusión, este trabajo apoya las ideas de los diversos autores que han dado a conocer de manera detallada la gran correlación que existe entre la GE, el clima y la estructura de la madera y muy especialmente en lo referente a la alta correlación que se presenta entre la densidad o gravedad específica de la madera y la humedad disponible en el medio ambiente.

Cuadro 4. Comparación de las características morfológicas de las especies con gravedad específica mediana y alta en el matorral xerófilo

	G E	Hojas		Corteza	Humedad	
		Tipo	Pubescencia			
			Tamaño			
			(mm)			
G E mediana						
<i>Cyrtocarpa procerca</i>	0.48	Compuestas	presente	3.3	Gruesa	+
<i>Ceiba parvifolia</i>	0.54	Compuestas	presente	4.0	Mediana	+
<i>Bursera copalifera</i>	0.47	Compuestas	presente	1.7	Delgada	+
<i>Bursera morelensis</i>	0.43	Compuestas	ausente	0.9	Gruesa	+
<i>Euphorbia schlechtendalii</i>	0.44	Simples	ausente	3.5	Delgada	+
<i>Fouquieria formosa</i>	0.44	Simples	ausente	1.5	Gruesa	+
<i>Acacia bilimekii</i>	0.73	Compuestas	ausente	0.5	Mediana	+
<i>Cercidium praecox</i>	0.75	Compuestas	presente	0.5	Delgada	+
<i>Conzattia multiflora</i>	0.47	Compuestas	presente	1.5	Delgada	+
<i>Leucaena esculenta</i>	0.75	Compuestas	ausente	0.7	Delgada	-
<i>Prosopis laevigata</i>	0.65	Compuestas	ausente	1.7	Gruesa	-
<i>Cedrela salvadorensis</i>	0.58	Simples	presente	2.6	Gruesa	+
G E alta						
<i>Pistacia mexicana</i>	0.83	compuestas	presente	1.2	Mediana	-
<i>Ehretia latifolia</i>	0.76	Simples	presente	7.1	Mediana	-
<i>Gochnatia purpusii</i>	1.04	Simples	presente	4.4	Mediana	-
<i>Erythroxylum compactum</i>	1.0	Simples	ausente	0.9	delgada	-
<i>Garya ovata</i>	0.96	Simples	presente	5.0	delgada	-
<i>Krameria cytisoides</i>	0.88	Compuestas	presente	0.8	delgada	-
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	0.80	Compuestas	presente	0.7	delgada	-
<i>Havardia acatlensis</i>	0.98	Compuestas	presente	0.8	delgada	-
<i>Lonchocarpus oaxacensis</i>	0.94	Compuestas	presente	4.2	mediana	+
<i>Senna galeottiana</i>	0.83	Compuestas	presente	0.8	delgada	-
<i>Cercocarpus fothergilloides</i>	0.88	Simple	presente	6.5	mediana	-
<i>Coutaportia ghiesbreghtiana</i>	0.94	Simple	ausente	2.6	delgada	-
<i>Ptelea trifoliata</i>	0.85	Compuestas	presente	3.2	delgada	-
<i>Bumelia salicifolia</i>	0.89	Simple	presente	7.7	delgada	-

Literatura citada

- ABUNDIZ-BONILLA, L. A. M. 1999. *Anatomía de la madera en árboles y arbustos del matorral xerófilo de Tehuacán, Puebla*. Tesis de maestría, Biología Vegetal. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. 143 p.
- AGUILAR-RODRÍGUEZ, S. 1996. *Descripción de la madera y anatomía ecológica de las especies arbóreas de un bosque mesófilo de México*. Tesis de maestría, Biología Vegetal. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 163 p.
- BAAS, P., E. WERKER Y A. FAHN. 1983. Some ecological trends in vessel characters. *IAWA Bulletin n. s. 4*: 141-159.
- BAAS, P. Y S. CARLQUIST. 1985. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of Southern California and Israel. *IAWA Bulletin n.s. 6(4)*: 349-353.
- BARAJAS-MORALES, J. 1985. Wood structural differences between trees of two tropical forests in Mexico. *IAWA Bulletin n.s. 6(4)*: 355-364.
- BARAJAS-MORALES, J. 1987. Wood specific gravity in species from two tropical forests in Mexico. *IAWA Bulletin n. s. 8(2)*: 143-148.
- BARAJAS-MORALES, J., A. G. ÁNGELES Y P. SOLÍS S. 1997. *Anatomía de maderas de México: especies de una selva alta perennifolia I*. Publicaciones Especiales Instituto de Biología, UNAM, México, D.F. 126 p.
- CARLQUIST, S. 1975. *Ecological strategies of xylem evolution*. University of California Press, Los Angeles. 259 p.
- CARLQUIST, S. Y D. HOEKMAN. 1985. Ecological wood anatomy of the woody Southern California flora. *IAWA Bulletin n.s. 6(4)*: 319-347.
- DENNE, M. P. Y M. D. HALE. 1999. Cell wall and lumen percentages in relation to wood density of *Nothofagus nervosa*. *IAWA Journal 20 (1)*: 23-36.
- ECHENIQUE-MANRIQUE, R. 1970. Descripción, características y usos de 25 maderas tropicales mexicanas. Biblioteca del Constructor 5. Camara Nacional de la Industria de la Construcción. 237 p. (Serie Maderas de México)
- FAHN, A., E. WERKER Y P. BAAS. 1986. *Wood anatomy and identification of trees and shrubs from Israel and adjacent regions*. The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem. 212 p.
- FRITTS, H. C. 1976. *Tree rings and climate*. Academic Press, New York. 567 p.
- FUJIWARA, S. 1992. Anatomy and properties of Japanese hardwoods II. Variation of dimensions of ray cells and their relation to basic density. *IAWA Bulletin n. s. 13(4)*: 397-402.
- IAWA Committee. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. E. A. Wheeler, P. Baas y P.E. Gasson (eds.) *IAWA Bulletin n.s. 10(3)*: 219-332.
- IAWA. 1937. Committee on the standardization of terms of cell size. Standard terms of length of vessel members and wood fiber. *Tropical Woods 51*:21.
- JOHANSEN, D.A. 1940. *Plant microtechnique*. McGraw Hill, New York. 523 p.
- KOLLMANN, F. P. F. Y A. W. COTÉ. 1968. *Principles of wood science and technology*. Springer Verlag, Berlin. 592 p.
- KRIBS, D. A. 1968. *Commercial foreign woods on the American market*. Dover, New York. 241 p.
- LINDORF, H. 1994. Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. *IAWA Journal 15(4)*: 361-376.
- PANSHIN, A. J. Y C. DE ZEEUW. 1980. *Textbook of wood technology. I. Structure, identification, uses, and properties of the commercial woods of the United States and Canada*, fourth edition. McGraw-Hill, New York. 722 p.

- WIEMANN, M. C. Y G. B. WILLIAMSON. 1988. Extreme radial changes in wood specific gravity in some tropical pioneers. *Wood and Fiber Science* 20(3): 344-349.
- WIEMANN, M. C. Y G. B. WILLIAMSON 1989. Wood specific gravity gradients in tropical dry and montane rain forest trees. *American Journal of Botany* 76(6): 924-928.
- WILLIAMSON, G. B. 1984. Gradients of wood specific gravity of trees. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 111(1): 51-55.

Recibido: 14.iii.2001

Aceptado: 31.x.2001