

CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DE LA MADERA DE *Quercus castanea* Née, *Q. crassifolia* Humb. et Bonpl. Y *Q. laurina* Humb. et Bonpl.

Carmen de la Paz Pérez Olvera¹ y Alejandra Quintanar Isaías¹

RESUMEN

El género *Quercus* tiene una amplia distribución en México con un gran número de especies, lo que lo convierte en un recurso maderable importante. Con el propósito de identificar seis características anatómicas de la madera de tres especies que corresponden al subgénero *Erythrobalanus*, también conocidos como encinos rojos, se estudió material recolectado en los estados de Durango (San Dimas), Jalisco (Ciudad Guzmán y Mazamilla), Michoacán (Coalcomán y Villa Madero), Guerrero (Leonardo Bravo), Puebla (Chignahuapan y Tianguismanalco) y Veracruz (Huayacocotla). Parte de él fue donado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y otro fue recolectado por personal técnico de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAMIZ). Se analizaron 14 individuos recolectados en nueve localidades que correspondieron a cuatro de *Q. castanea*, cinco de *Q. crassifolia* y cinco de *Q. laurina*. Los resultados obtenidos permiten destacar diferencias significativas entre individuos de la misma especie y entre las especies estudiadas que se refieren al color de la madera, a la porosidad, a la anchura y al número de series de los radios multiseriados y a la abundancia y tipo de los contenidos celulares.

Palabras clave: Anatomía, contenidos celulares, encinos rojos, madera, México, *Quercus*.

ABSTRACT

The genus *Quercus* has a very broad distribution in Mexico with a great diversity of species, which make it an important wood resource. In order to identify six anatomic characteristics of three species that belong to the subgenus *Erythrobalanus* also known as "red oaks", samples were collected in the states of Durango (San Dimas),

Fecha de recepción: 2 de marzo del 2001

Fecha de aceptación: 29 de noviembre del 2001

¹ Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa: División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Departamento de Biología. Avenida San Rafael Atlixco 186. C.P. 09340. México, D. F. correo-e: cppo@xanum.uam.mx; aqi@xanum.uam.mx.

Jalisco (Ciudad Guzmán and Mazamitla), Michoacán (Coalcomán and Villa Madero), Guerrero (Leonardo Bravo), Puebla (Chignahuapan and Tianguismanalco) and Veracruz (Huayacocotla). Some of them were given by INIFAP and some were collected by technical personnel of UAMIZ. Fourteen trees coming from nine sites were analyzed; thus, four belong to *Quercus castanea*, five to *Q. crassifolia* and five to *Q. laurina*. Results show outstanding differences of wood color, porosity, width and number of ray series, type and abundance of cell contents among and between species.

Key words: Wood anatomy, cellular structures, red oaks, wood, Mexico, *Quercus*.

INTRODUCCIÓN

El género *Quercus* (Fagaceae) es un recurso forestal muy abundante en México que se distribuye principalmente en las zonas templadas y húmedas del país. Rzedowski (1978) y Zavala (1990) consideran que alrededor de 150 especies crecen en la República Mexicana, con representantes de tres de los cinco subgéneros en que los divide Trelease (1924): *Erythrobalanus* (encinos rojos), *Leucobalanus* (encinos blancos) y *Protobalanus* (encinos intermedios); los dos primeros con el mayor número de especies (Aguilar *et al.*, 1999).

Dentro del subgénero *Erythrobalanus*, la madera de las especies: *Q. castanea* Née, *Q. crassifolia* Humb. et Bonpl. y *Q. laurina* Humb. et Bonpl. presentan amplia distribución, fustes bien conformados y excelentes características tecnológicas (de la Paz Pérez, 2000a).

Se localizan en altitudes que van de los 1500 a los 2200 msnm, aunque se pueden encontrar desde los 800 (*Quercus castanea*) hasta los 3000 (*Q. laurina*) msnm. Crecen en laderas y barrancas de montañas de bosques húmedos así como en barrancas de bosques mesófilos; son árboles que miden de 10 a 20 m de altura con diámetros de 30 a 60 cm (McVaugh, 1974).

Su área de distribución comprende los estados de Durango, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, el Distrito Federal, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Veracruz (Martínez, 1981; McVaugh, 1974; Zavala, 1995). *Quercus castanea* extiende, además, su área de distribución a los estados de Sonora, Sinaloa, Zacatecas y Colima; *Quercus crassifolia* a los estados de Chihuahua, Sinaloa, Zacatecas y Aguascalientes y *Quercus laurina* a los estados de Tamaulipas y Aguascalientes (McVaugh, 1974; Zavala, 1995).

Los objetivos de este trabajo son presentar seis características anatómicas: color, porosidad, anchura y número de series de los radios multiseriados, y abundancia y

tipo de los contenidos celulares de la madera de *Quercus castanea*, *Q. crassifolia* y *Q. laurina*; y destacar las diferencias entre individuos de la misma especie y entre las especies estudiadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudió material recolectado en los estados de Durango (San Dimas), Jalisco (Ciudad Guzmán y Mazamitla), Michoacán (Coalcomán y Villa Madero), Guerrero (Leonardo Bravo), Puebla (Chignahuapan y Tianguismanalco) y Veracruz (Huayacocotla). Parte de él fue donado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) y otro fue recolectado por personal de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAMIZ). Se estudiaron 14 individuos: cuatro de *Q. castanea*, cinco de *Q. crassifolia* y cinco de *Q. laurina* recolectados en nueve localidades (Cuadro 1).

Para la descripción del color se utilizaron tablillas transversales, tangenciales y radiales de 15 x 7 x 1 cm; para la descripción microscópica se hicieron preparaciones fijas de cortes en los mismos planos de 30 µm de grosor. Las tablillas se obtuvieron de una troza de 1.30 m cortada de base a copa del fuste de

Cuadro 1. Registro de las especies estudiadas

Especie	Nombre común	Localidad	Xiloteca (No.)	Herbario (No.)
<i>Quercus castanea</i>	Encino prieto	Ciudad Guzmán, Jalisco	M 50	27839
	Encino prieto	Ciudad Guzmán, Jalisco	M 64	27010
	Pipitillo	Villa Madero, Michoacán	X 507	28317
	Encino rojo	Tianguismanalco, Puebla	M 74	30649
<i>Quercus crassifolia</i>	Encino colorado	San Dimas, Durango	X 373	20759
	Encino bellotero	Mazamitla, Jalisco	M 70	29352
	Chicharrón	Coalcomán, Michoacán	X 405	22693
	Ro+ble	Chignahuapan, Puebla	M 69	27013
	Encino roble	Huayacocotla, Veracruz	M 91	8895
<i>Quercus laurina</i>	Encino rojo	Ciudad Guzmán, Jalisco	M 63	27009
	Chilillo	Coalcomán, Michoacán	X 407	22695
	Encino de hoja angosta	Leonardo Bravo, Guerrero	X 215	11261
	Encino de hoja larga	Chignahuapan, Puebla	M 68	27012
	Manzanillo	Huayacocotla, Veracruz	M 92	38896

M= UAMIZ

X = INIF

cada uno de los árboles estudiados. Los cortes se obtuvieron de cubos de 2 x 2 cm muestreados al azar tanto en albura como en duramen en dos rodajas del extremo superior de la troza de 1.30 m; los cubos se ablandaron con agua destilada hirviendo durante 12 días, los cortes se tiñeron con verde iodo al 2%.

La porosidad se determinó en las tablillas y en los cortes transversales, y la altura de los radios multiseriados se midió en las tablillas tangenciales.

A los elementos mensurables se les hizo un análisis estadístico y se clasificaron con base en la media de acuerdo con Chattaway (1932) y IAWA (1939; 1989). Para determinar el color se usaron las tablas de Munsell (1990) y para los cristales a Chattaway (1955).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos indican que los catorce individuos estudiados tienen características semejantes en cuanto al olor, sabor, brillo, veteado, textura e hilo. Por otro lado, presentaron diferencias en el color de la madera, en la porosidad, en el número de series y en la anchura de los radios multiseriados, y en la abundancia y tipo de los contenidos celulares, tanto entre los individuos de la misma especie como entre especies.

Color de la madera

Con relación al color de la madera (Cuadro 2), el ejemplar de Durango (*Q. crassifolia*), de Guerrero (*Q. laurina*) y los individuos de las tres especies recolectadas en Michoacán (*Q. castanea*, *Q. crassifolia* y *Q. laurina*), marcaron diferencia entre albura y duramen. Los ejemplares provenientes de Jalisco, Puebla y Veracruz no mostraron distinción entre albura y duramen. *Quercus castanea* de Puebla presentó la madera más clara y *Quercus laurina* de Guerrero presentó la tonalidad más oscura.

Porosidad

Con relación a la porosidad (Cuadro 3), los ejemplares de *Quercus crassifolia* y *Q. laurina* de Puebla y Veracruz, la presentaron anular, con poros grandes de madera temprana y pequeños de madera tardía. *Q. crassifolia* de Durango y Jalisco y *Q. castanea* y *Q. laurina* de Michoacán la presentaron semianular; la diferencia entre los poros de la madera temprana y tardía es menos evidente. Por último *Quercus castanea* y *Q. laurina* de Jalisco y *Q. laurina* de Guerrero la presentaron difusa (Figura 1).

Cuadro 2. Color de las muestras estudiadas

Con Albura y Duramen	Sin Albura ni Duramen
Albura rosa	Madera castaño rojizo
Duramen castaño rojizo	M-50 <i>Q. castanea</i> (Jal.)
X-373 <i>Q. crassifolia</i> (Dgo.)	M-64 <i>Q. castanea</i> (Jal.)
X-407 <i>Q. laurina</i> (Mich.)	M-69 <i>Q. crassifolia</i> (Pue.)
X-405 <i>Q. crassifolia</i> (Mich.)	M-92 <i>Q. laurina</i> (Ver.)
X-215 <i>Q. laurina</i> (Gro.)	
	Madera rosa
Albura blanca	M-70 <i>Q. crassifolia</i> (Jal.)
Duramen rojo pálido	M-63 <i>Q. laurina</i> (Jal.)
X-507 <i>Q. castanea</i> (Mich.)	M-68 <i>Q. laurina</i> (Pue.)
	M-74 <i>Q. castanea</i> (Pue.)
	M-91 <i>Q. crassifolia</i> (Ver.)

Cuadro 3. Porosidad de las muestras estudiadas

Anular		
M-69	<i>Q. crassifolia</i>	Chignahuapan, Pue.
M-91	<i>Q. crassifolia</i>	Huayacocotla, Ver.
M-68	<i>Q. laurina</i>	Chignahuapan, Pue.
M-92	<i>Q. laurina</i>	Huayacocotla, Ver.
Semianular		
X-405	<i>Q. crassifolia</i>	Coalcomán, Mich.
X-507	<i>Q. castanea</i>	Villa Madero, Mich.
M-74	<i>Q. castanea</i>	Tianguismanalco, Pue.
M-373	<i>Q. crassifolia</i>	San Dimas, Dgo.
X-407	<i>Q. laurina</i>	Coalcomán, Mich.
X-70	<i>Q. crassifolia</i>	Mazamitla, Jal.
Difusa		
M-50	<i>Q. castanea</i>	Cd. Guzmán, Jal.
M-64	<i>Q. castanea</i>	Cd. Guzmán, Jal.
M-63	<i>Q. laurina</i>	Cd. Guzmán, Jal.
X-215	<i>Q. laurina</i>	Leonardo Bravo, Gro.

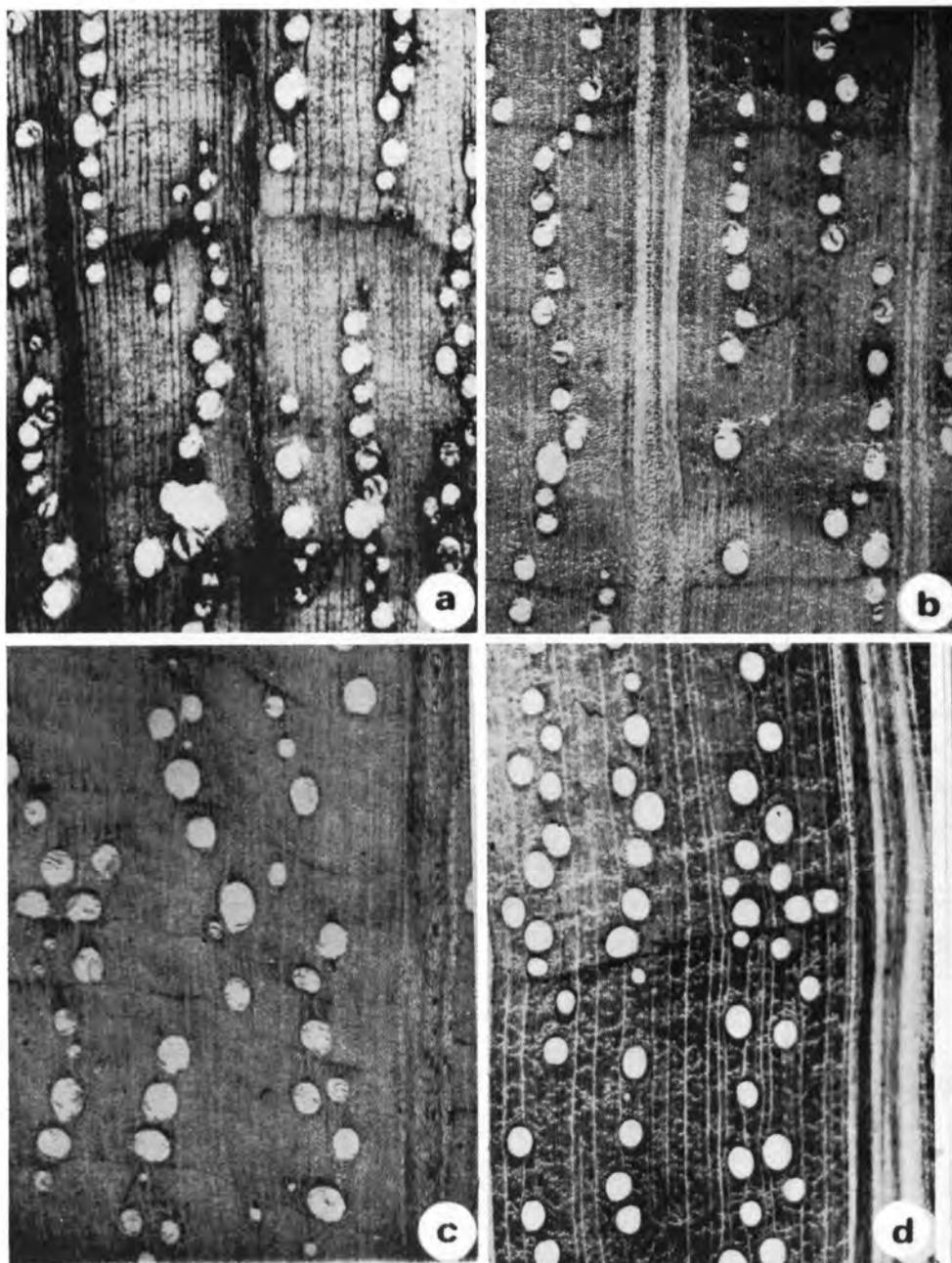


Figura 1a. Cortes transversales de *Quercus castanea*, 18x: a y b: Cd. Guzmán; c: Villa Madero; d: Tianguismanalco.

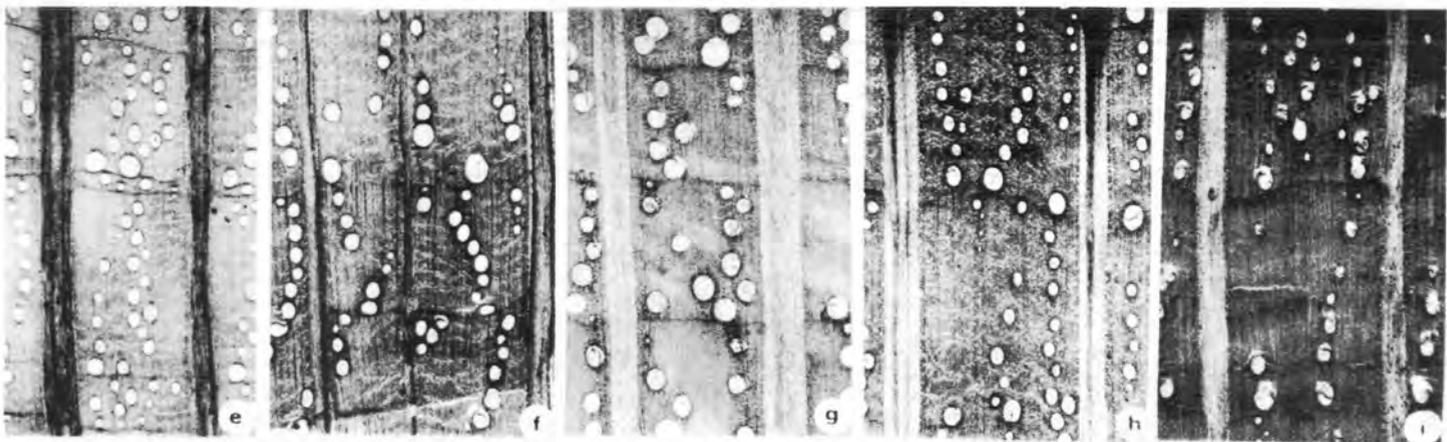


Figura 1b. Cortes transversales de *Quercus crassifolia*, 18x: e: San Dimas; f: Mazamitla; g: Coalcomán; h: Chignahuapan; i: Huayacocotla.

101

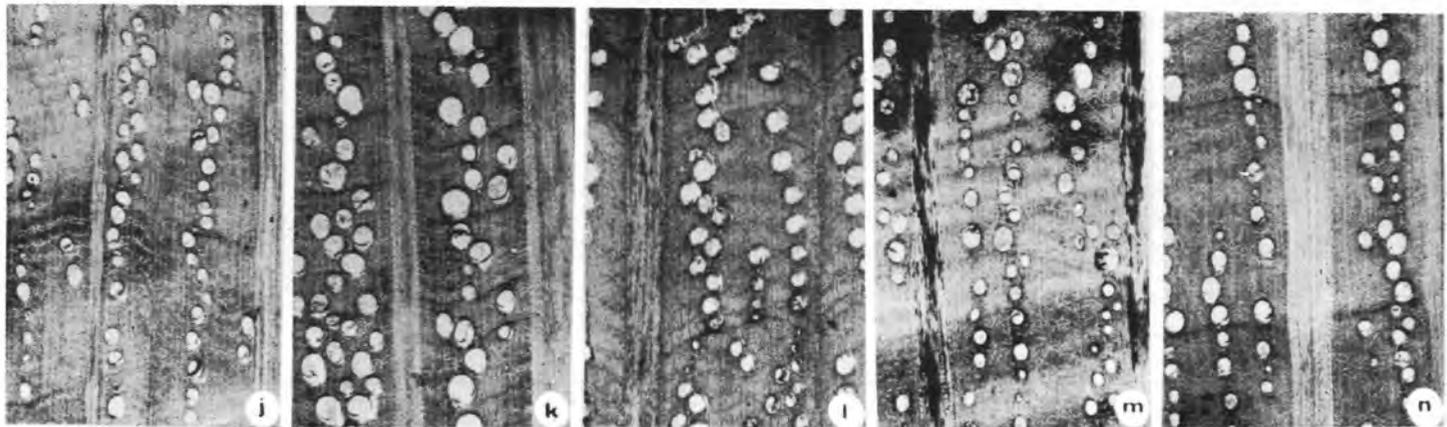


Figura 1c. Cortes transversales de *Quercus laurina*, 18x: j: Cd. Guzmán; k: Coalcomán; l: L. Bravo; m: Chignahuapan; n: Huayacocotla).

Radios multiseriados

Los radios multiseriados de los catorce ejemplares estudiados (Cuadro 4) se presentaron muy altos y muy anchos, de acuerdo a la clasificación de IAWA (1939, 1989); sin embargo existen variaciones entre los individuos de la misma especie y entre especies para estos valores. *Quercus crassifolia* de Michoacán presentó los radios más anchos para la misma especie, pero los provenientes de Veracruz fueron los más delgados. En general los ejemplares de Durango, Jalisco, Michoacán y Guerrero presentan radios más anchos que los de Puebla y de Veracruz (Figura 2).

Cuadro 4. Altura, anchura y número de series de los radios multiseriados

Xiloteca	Especies	Localidad	Altura (cm)	Anchura (μm)	Series
X-373	<i>Q. crassifolia</i>	San Dimas, Dgo.	1.5	387	20
M-50	<i>Q. castanea</i>	Cd. Guzmán, Jal.	3.0	420	22
M-64	<i>Q. castanea</i>	Cd. Guzmán, Jal.	2.5	320	17
M-70	<i>Q. crassifolia</i>	Mazamitla, Jal.	2.0	360	19
M-63	<i>Q. laurina</i>	Cd. Guzmán, Jal.	2.0	280	15
X-507	<i>Q. castanea</i>	Villa Madero, Mich.	1.0	407	22
X-405	<i>Q. crassifolia</i>	Coalcomán, Mich.	0.7	479	25
X-407	<i>Q. laurina</i>	Coalcomán, Mich.	1.5	457	24
X-215	<i>Q. laurina</i>	Leonardo Bravo, Gro.	1.8	400	21
M-74	<i>Q. castanea</i>	Tianguismanalco, Pue.	0.7	450	23
M-69	<i>Q. crassifolia</i>	Chignahuapan, Pue.	2.5	300	16
M-68	<i>Q. laurina</i>	Chignahuapan, Pue.	2.5	345	18
M-91	<i>Q. crassifolia</i>	Huayacocotla, Ver.	1.0	242	13
M-92	<i>Q. laurina</i>	Huayacocotla, Ver.	1.7	400	21

Contenidos celulares

Las diferencias encontradas en los contenidos celulares se refieren a cristales de forma romboidal en las células del parénquima axial y radial y a la presencia o ausencia de tilides en los elementos de vaso.

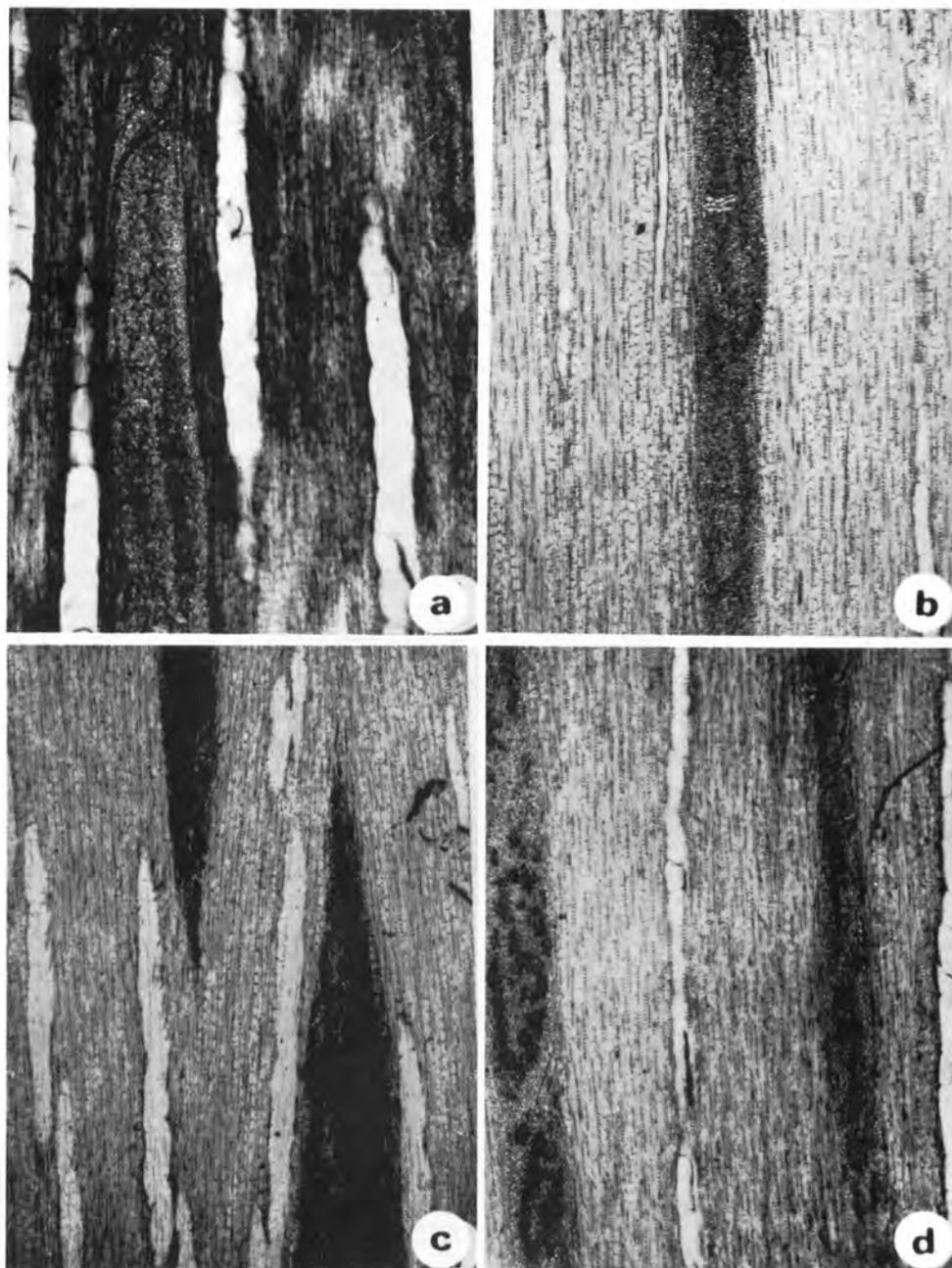


Figura 2a. Cortes tangenciales de *Quercus castanea*, 18x: a y b: Cd. Guzmán; c: Villa Madero; d: Tianguismanalco.

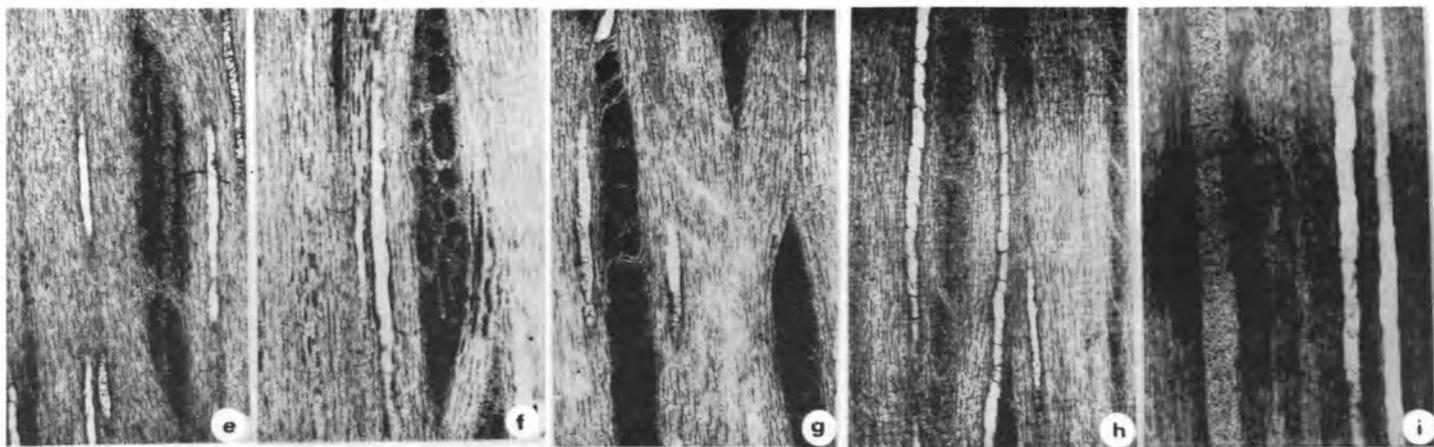


Figura 2b. Cortes tangenciales de *Quercus crassifolia*, 18x: e: San Dimas; f: Mazamitla; g: Coalcomán; h: Chignahuapan; i: Huayacocotla.

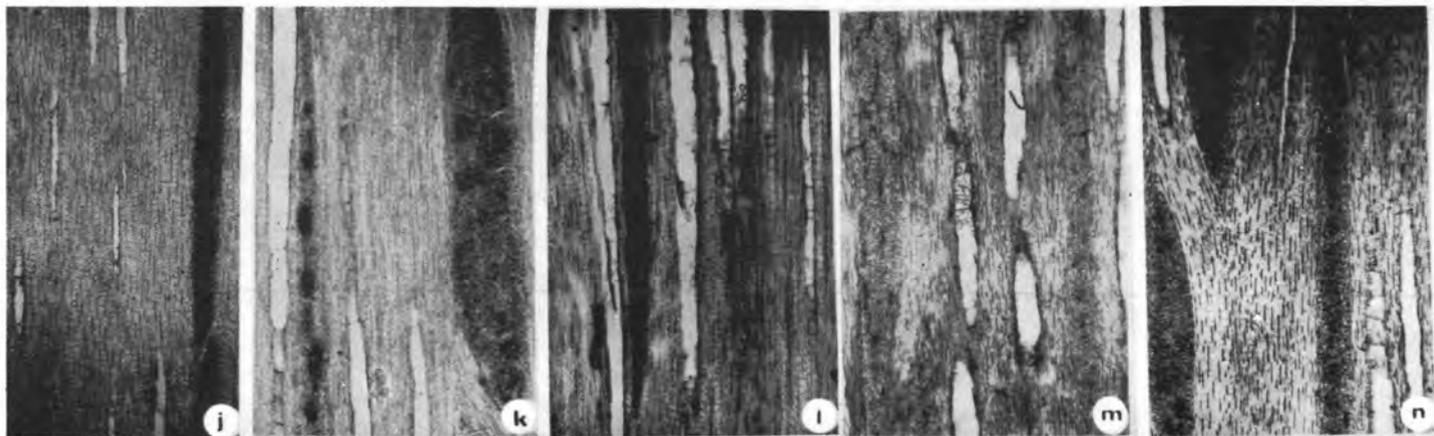


Figura 2c. Cortes tangenciales de *Quercus laurina*, 18x: j: Cd. Guzmán; k: Coalcomán; l: L. Bravo; m: Chignahuapan; n: Huayacocotla.

Los cristales (Cuadro 5) sólo se presentaron en los individuos de *Quercus crassifolia* de Durango y de Michoacán y en *Q. castanea* también de Michoacán; en los tres individuos fueron escasos. Las tílides se observaron en *Q. castanea* de Jalisco y Michoacán y *Q. crassifolia* de Durango y Puebla.

Cuadro 5. Contenidos celulares de las muestras estudiadas

Cristales		
Escasos		Sin contenido
X-373 <i>Q. crassifolia</i>	San Dimas, Dgo.	Los otros registros
X-405 <i>Q. crassifolia</i>	Coalcomán, Mich.	
X-507 <i>Q. castanea</i>	Villa Madero, Mich.	
Tílides		
Abundantes		Sin contenido
X-373 <i>Q. crassifolia</i>	San Dimas, Dgo.	Los otros registros
M-50 <i>Q. castanea</i>	Ciudad Guzmán, Jal.	
X-507 <i>Q. castanea</i>	Villa Madero, Mich.	
M-69 <i>Q. crassifolia</i>	Chignahuapan, Pue.	

DISCUSIÓN

La característica más notable de la madera de los encinos es la presencia de los radios multiseriados (Figuras 1 y 2), los cuales influyen tanto en las características estéticas, realzando su veteado y su textura, como en las propiedades tecnológicas, principalmente en las contracciones y en el secado (Ávila, 1985; Montes, 1985), por lo que es importante considerar su abundancia, su altura, anchura y número de series en los procesos de utilización, ya que sus valores varían entre las diversas especies del género e incluso entre los individuos de la misma especie.

En cuanto a la porosidad, la anular hace a la madera muy versátil, ya que le proporciona características estéticas y tecnológicas que dependen de la anchura de los anillos. En la porosidad anular las zonas de madera temprana y tardía varían de forma independiente, existiendo una relación del porcentaje de cada una de ellas con la densidad básica y la dureza (de la Paz Pérez, 2000). Cuando hay una mayor proporción de madera tardía (anillos anchos), la madera es pesada y dura, ideal para propósitos de construcción; cuando hay un mayor porcentaje de madera

temprana (anillos angostos), la madera es menos pesada y de menor dureza, y es apropiada para la fabricación de muebles, chapa, pisos, partes de instrumentos musicales y decoración de interiores en general. Así, la madera de encino tiene un papel relevante en el extranjero (de la Paz Pérez *et al.*, 2000).

Con relación a las propiedades estéticas, la diferencia en el tamaño y la proporción de los elementos vasculares marca los arcos característicos de la porosidad anular, haciendo más atractivo el veteado de la madera.

Las características anteriores se manifiestan mejor cuando los anillos son de anchura uniforme, por lo que es importante seleccionar las especies que presenten este carácter y realizar con ellas prácticas de silvicultura acordes a la calidad de madera que se quiera obtener. Con relación a los contenidos celulares, las tilides aparecen con mayor frecuencia en los encinos blancos (de la Paz Pérez y Aguilar, 1978), aunque no es raro encontrarlas en encinos rojos. La presencia de estos contenidos celulares aumenta la resistencia natural al biodeterioro de la madera de encino, además de proporcionarle impermeabilidad; por otra parte, la ausencia de los mismos facilita que la madera pueda impregnarse de sustancias que aumentan su resistencia al biodeterioro.

Cuando los cristales son abundantes provocan rajaduras, además de dificultar el aserrío y maquinado de la madera; no obstante, protegen al material contra los barrenadores marinos. Como se puede advertir en el Cuadro 5, la presencia de los cristales no fue relevante en las especies estudiadas.

El color de la madera es una de las características estéticas que tiene gran influencia en el uso de la madera. En el caso de los encinos éste es muy variado en tonalidades de rosas a rojizas, por lo que la mezcla de varias especies la hace altamente atractiva.

CONCLUSIONES

Los resultados anteriores permiten concluir que la madera de los encinos de las especies estudiadas es muy versátil y que en sus procesos de transformación es importante considerar las diferencias que existen de subgénero a subgénero, de especie a especie y dentro de la misma especie.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a la Biól. Patricia Olvera del INIFAP el préstamo de parte del material de xiloteca; a la Biól. Lourdes Aguilar la identificación de las especies y al Sr. Jorge Lodigiani el procesado del material fotográfico.

REFERENCIAS

- Aguilar, L., C. de la Paz Pérez O. y E. Guerrero C. 1999. Árboles y arbustos del género *Quercus*, especies y distribución. Memoria digital del IV Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo. p.p.
- Ávila S., C. G. 1985. Secado en estufa de la madera aserrada de mezcla de encinos blancos y rojos. II Seminario Nacional Sobre Utilización de Encinos. Pub. Esp. Inst. Nal. Invest. For. No. 49: 218-228.
- Chattaway, M. 1932. Proposed standard for numerical values used in describing woods. *Trop. Woods* 29: 20-28.
- Chattaway, M. 1955. Crystals in woody tissues I. *Trop. Woods* 102: 55-74.
- De la Paz Pérez O., C. y L. Aguilar E. 1978. Diferencias morfológicas y anatómicas de la madera de los encinos blancos y rojos. *Bol. Téc. Inst. Nal. Invest. For. México* 59: 1-19.
- De la Paz Pérez O., C. 2000. Relación estructura propiedades físico-mecánicas de la madera de algunas especies de encinos (*Quercus*) mexicanas. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. UNAM. 266p.
- De la Paz Pérez O., C., R. Dávalos S. y E. Guerrero C. 2000. Aprovechamiento de la madera de encino en México. *Madera y Bosques* 6 (1): 3-13.
- IAWA Committee. 1939. Standard terms of size for vessel diameter and ray width. *Tropical Woods* 59: 51-52.
- IAWA Committee. 1989. IAWA List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull. n. s.* 10 (3): 219-359.
- McVaugh, R. 1974. *Flora Novo-Galiciana*. Contr. Univ. Michigan. Herb. 12 part 1 (3): 1-93.
- Montes R., E. 1985. Alternativas para el secado de la madera de encino. II Seminario Nacional Sobre Utilización de Encinos. Pub. Esp. Inst. Nal. Invest. For. No. 49: 229-237.
- Munsell Color Company. 1990. Munsell soil color charts. Baltimore, Maryland. 17p.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México. 432p.
- Trelease, W. 1924. *The American oaks*. Mem. Nat. Acad. Sci. 20: 1-255.
- Zavala Ch., F. 1990. Los encinos mexicanos: un recurso desaprovechado. *Ciencia y Desarrollo* 16 (95): 43-51.
- Zavala Ch., F. 1995. Encinos y robles. Notas fitogeográficas. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, Edo. de México. 44p.

Nota Técnica

ELEMENTOS QUIMICOS EN LAS CENIZAS DEL DURAMEN DE DOS MADERAS TROPICALES

José Guadalupe Rutiaga Quiñones¹ y Jesús García Díaz²

RESUMEN

El análisis de las cenizas de la madera permite determinar su composición química inorgánica, que es de suma importancia para estudios nutricionales, para conocer su relación con las sustancias minerales del suelo, el efecto de los minerales sobre el crecimiento de organismos destructores, así como en la resistencia al ataque de insectos o barrenadores marinos. La información sobre elementos químicos detectados en especies mexicanas es escasa, pero se han generado datos sobre el porcentaje de contenido de cenizas en maderas tropicales como por ejemplo 1.49 para *Phitecellobium dulce*, 1.55 para *Brosimum alicastrum* y 1.17 para *Cordia elaeagnoides*. El objetivo del presente estudio consistió en determinar el contenido de cenizas en el duramen de *Dalbergia granadillo* y *Platymiscium lasiocarpum*, y analizar su contenido mediante fluorescencia de rayos X; estas dos especies son muy apreciadas en la industria maderera y en la manufactura artesanal en nuestro país, pues se utilizan en la elaboración de una diversidad de productos como piezas de mueblería, herramientas e instrumentos musicales. Los resultados obtenidos indican 0.62% de cenizas para la primera especie y 0.96% para la segunda; se detectaron 14 y 19 elementos químicos respectivamente y los comunes en ambas son Ba, Sn, Cu, Ce, Er, Cs y Sb. La mayoría de éstos están presentes en otras especies forestales como *Casuarina equisetifolia* y *Picea rubens*.

Palabras claves: Cenizas, *Dalbergia granadillo*, duramen, maderas tropicales, *Platymiscium lasiocarpum*, rayos X.

ABSTRACT

Ash wood analysis is useful to determine the inorganic chemical composition of wood. These analyses are very useful for nutritional studies, because they are

Fecha de recepción: 24 de agosto de 1998.

Fecha de aceptación: 29 de agosto de 2002.

¹ Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Edificio "D" P. A. Ciudad Universitaria. C.P. 58140. Morelia, Michoacán. Correo-e: rutiaga@zeus.umich.mx

² Instituto Tecnológico de Morelia. Morelia, Mich.

helpful to determine their effect upon growth of detritivorous organisms, the relation with mineral soil substances and the resistance to insect and sea borer attacks. Information about chemical elements in Mexican species is scarce. However, some information related to the ash content percentage in tropical hardwoods is available. Examples of this situation are *Phitecellobium dulce*, *Brosimum alicastrum* and *Cordia elaeagnoides*, which have an ash percentage of 1.49, 1.55 and 1.17 respectively. The purpose of this study was to determine the ash content in the heartwood of *Dalbergia granadilla* and *Platymiscium lasiocarpum*; as well as their chemical content through X ray fluorescence. Both tree species are highly appreciated in Mexican wood industry for the elaboration of handicraft goods, such as furniture, tools and musical instruments. Results showed an ash content of 0.62% for the first species, and 0.96% for the second one. Fourteen and nineteen chemical elements, were detected respectively; sharing both species Ba, Sn, Ce and Sb. Most of these elements are found in other forest species, such as *Casuarina equisetifolia* and *Picea rubens*.

Key words: Ashes, *Dalbergia granadilla*, heartwood, tropical woods, *Platymiscium lasiocarpum*, X ray fluorescence.

La madera, además de polisacáridos, lignina y extraíbles, también contiene sustancias inorgánicas que se pueden analizar mediante un análisis de cenizas después de incinerar el material orgánico (ASTM, 1981; TAPPI, 1994). La cantidad de cenizas en la madera varía de 0.1 a 1 % y en las maderas tropicales el valor es mucho mayor, aunque pueden encontrarse excepciones. La cantidad y presencia de los componentes individuales varía de acuerdo con la especie, generalmente los encontrados son el calcio, potasio, magnesio, seguidos por sodio, fósforo, manganeso y otros elementos, así como algunos radicales aniónicos (Young y Guinn, 1966; Browning, 1967; Cutter *et al.*, 1980; Fengel y Wegener, 1984; Hillis, 1987; Fakankun y Loto, 1990). La composición química inorgánica de la madera es de suma importancia en los estudios nutricionales, en la relación composición química y sustancias minerales del suelo, y en el efecto de los minerales sobre el crecimiento de organismos destructores, así como en la resistencia al ataque de insectos o barrenadores marinos (Browning, 1967).

La identificación y cuantificación de los componentes de las cenizas puede realizarse por medio de los métodos tradicionales gravimétricos o volumétricos así como por métodos espectrofotométricos: espectroscopía de flama, de emisión, de absorción atómica, también por análisis de activación de neutrones y por análisis de rayos X (Browning, 1967). El objetivo del presente trabajo fue determinar el contenido de cenizas en el duramen de *Dalbergia granadilla* Standl. y de *Platymiscium lasiocarpum* Sandw. y analizar cualitativamente dichas

cenizas mediante fluorescencia de rayos X y así contribuir al conocimiento químico de las maderas nacionales.

La información sobre los elementos químicos detectados en las cenizas de maderas nacionales es escasa, pues la mayoría de los trabajos en este campo se remiten a dar el porcentaje de sustancias inorgánicas.

Estudios con maderas tropicales mexicanas como *Phitecellobium dulce* Benth, *Brosimum alicastrum* Sw. y *Cordia elaeagnoides* A. DC. que tienen contenidos de cenizas de 1.49, 1.55 y 1.17%, respectivamente (Castañeda 1986); en la madera de *Ebanopsis ebano* (Berl.) Britton & Rose (SIN: *Pithecellobium ebano* (Berl.) Muller) varía el contenido de cenizas de 1.13 a 1.81% (Zizumbo, 1998). Para el duramen de *Swietenia macrophylla* King, *Cedrela odorata* L. y *Manilkara zapota* (L.) Royen, se calcularon contenidos de cenizas de 0.36, 0.66 y 0.78 %, respectivamente, y por análisis de energía dispersiva de rayos X, en este material se detectaron calcio y azufre, en *S. macrophylla* y *C. odorata* también fósforo y silicio mientras que en *C. odorata* y *M. zapota* también se detectó magnesio (Rutiaga, 2001).

En una investigación realizada con *Casuarina equisetifolia* L., Villaseñor y Rutiaga (2000) reportaron 1.45% de contenido de material inorgánico y un análisis mediante fluorescencia de rayos X en estas cenizas reveló la presencia de Ba, Fe y trazas de algunas tierras raras.

Por otro lado, algunos trabajos relacionados con las especies forestales tropicales que se abordan en el presente estudio han abarcado aspectos relativos a sus extractos. Así, Rutiaga *et al.*, (1995) dieron a conocer el efecto inhibitorio de los extractos de *D. granadillo* Pittier sobre hongos que degradan la madera: *Trametes versicolor* (Lin. ex. Fr.), *Coniophora puteana* Brauner & Kellerschwamm, *Chaetomium globosum* Kumze ex. Steud. y *Trichoderma viride* Pers. ex. Gray.; posteriormente, Rutiaga y Rodríguez (1998) diagnosticaron un componente tipo quinoide en los extractos de *D. granadillo* que inhibió el desarrollo de *T. viride*.

D. granadillo (granadillo, zangalicua, cocolobo mexicano) alcanza más de ocho m de altura y *P. lasiocarpum* Sandw. (granadillo) más de diez m (McVaugh, 1987); estos árboles pertenecen a la familia Leguminosae y a la subfamilia Papilionaceae (Lawrence, 1959). En México, la primera forma parte del bosque tropical subcaducifolio en los estados de Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas y Quintana Roo (Niembro, 1986) y la segunda se desarrolla en la selva mediana subcaducifolia en Jalisco, Michoacán, Estado de México y Oaxaca

(McVaugh, 1987). Ambas especies se clasifican como duras y pesadas (Guridi, 1980; Guridi, 1996). La madera de *D. granadillo* es sumamente apreciada en la industria para fabricar mangos para cuchillos, herramientas y navajas, en la elaboración de artesanías, mobiliario y ebanistería, quillas de embarcaciones, platillos de balanzas, teclas de marimba y castañuelas, ruedas de timones y decoración (Díaz y Huerta, 1986; Niembro, 1986). Los lauderos la utilizan principalmente en diapasones, puentes, clavijas y eventualmente en fondo y costilla de guitarra de concierto (Guridi y García, 1996). La madera de *P. lasiocarpum* se usa para fabricar claves, piezas de ajedrez y gran diversidad de artículos torneados, para hacer rosarios y castañuelas (Guridi, 1980). Los lauderos michoacanos la usan exclusivamente en el puente y diapason de la guitarra de estudio y popular (Guridi y García, 1996).

El objetivo del presente estudio fue el de determinar el contenido de cenizas en el duramen de *Dalbergia granadillo* y *Platymiscium lasiocarpum*.

El sitio de colecta corresponde al predio denominado "El Teoxintle", que se localiza en el municipio de Tomatlán en el estado de Jalisco, donde predomina el clima templado-cálido (INEGI, 1988) y una altitud promedio de 114 m. El tipo de vegetación del lugar es selva baja caducifolia.

Se seleccionó un árbol de cada especie, el de *D. granadillo* era de 14 m de alto por 30.5 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho) y el de *P. lasiocarpum* era de 9 m de alto por 26 cm de DAP. La determinación taxonómica de las especies estudiadas fue realizada en el Herbario de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Las muestras de madera de cada especie se tomaron del lado norte de una rodaja de 30 cm de espesor, obtenida a 1.30 m del tocón. Las del duramen de dichas rodajas se transformaron en harina mediante malla de 40, y con ella se determinó la cantidad de cenizas, de acuerdo con la norma D 1102-56 de la ASTM (1978), con cinco repeticiones. Para determinar la diferencia entre los contenidos de cenizas en ambas maderas se compararon los resultados obtenidos utilizando la distribución de *t* de Student con un nivel de confianza estadística del 5% (Infante y Zárate, 1984).

Las muestras de cenizas se analizaron por duplicado mediante fluorescencia de rayos X en un equipo marca Philips PW 1410, bajo las siguientes condiciones de operación comunes para ambas muestras: tubo de cromo, cristal Li200, 50 kV, 30 mA y un "Gaen" de 64; y velocidad del papel de 0.5 cm/min y rango de 1×10^4 para *D. granadillo* y velocidad del papel de 2.0 cm/min y rango de 4×10^3 para *P. lasiocarpum*.

El contenido de cenizas de *D. granadillo* fue de 0.62% y para *P. lasiocarpum* de 0.96%; el valor de *t* tabulada es 1.8595 (Infante y Zárate, 1984) y el valor de *t* calculada fue de 278.6, lo que significa que hay diferencia estadística significativa entre ellas. Los resultados anteriores quedan comprendidos dentro del rango reportado para maderas tropicales (Fengel y Wegener, 1984). Para otra especie del género *Dalbergia*, *D. latifolia* Roxb., Wagenführ y Scheiber (1974) calcularon 1% de cenizas, que es un valor superior al obtenido en el presente estudio en *D. granadillo*. Para *Cordia elaeagnoides*, especie frecuentemente asociada con las estudiadas, se ha reportado 1.17% de cenizas (Castañeda, 1986), que igualmente es un valor más alto. El contenido de cenizas en *C. odorata* de 0.66% es muy similar al del experimento actual, y en ambas maderas el calcio es el elemento común; para el duramen de *M. zapota* se cuantificó 0.78% de material inorgánico (Rutiaga, 2001), que es ligeramente inferior al de *P. lasiocarpum*.

Otras maderas del grupo de latifoliadas presentan contenidos de cenizas muy bajos, como por ejemplo *Quercus rubra* Benth. con 0.1% (Wagenführ y Scheiber, 1974); valores medios, por ejemplo *Ampelocera hottlei* (Standl) Standl con 3.66% (Ávila, 1995); y otros muy altos como los de *Daniellia ogea* con 11.50% y de *Antiaris africana* Miq. con 11.87% (Fakankun y Loto, 1990).

Como se puede advertir en la Figura 1, el resultado del análisis de la muestra de cenizas de *D. granadillo* mediante fluorescencia de rayos X reveló la presencia de 14 elementos químicos: Ba, Sn, Mo, Sr, Cu, Ce, Fe, Cr, Ca, W, Er, I, Cs y Sb; y en la muestra de *P. lasiocarpum* de 19 elementos (Figura 2): Ce, Ba, Pa, Tl, Yb, Er, Cu, Dy, Gd, La, Te, Sn, U, At, Ir, Pb, Tm, Cs y Sb. La mayoría de los elementos químicos detectados en estas maderas también fueron identificados en muestras del duramen de *C. equisetifolia* (Villaseñor y Rutiaga, 2000) al utilizar fluorescencia de rayos X, así como en *Picea rubens*, donde se reconoció un total de 59 elementos por análisis de activación de neutrones (Young y Guinn, 1966). Los resultados de la composición inorgánica de las cenizas de las maderas aquí estudiadas concuerdan con los datos reportados por Fengel y Wegener (1984).

El duramen de *D. granadillo* contiene menor contenido de cenizas que el duramen de *P. lasiocarpum*. En las cenizas de *D. granadillo* se detectaron 14 elementos químicos, la mayoría de ellos comunes en otras maderas. En las cenizas de *P. lasiocarpum* se detectaron 19 elementos químicos, algunos de ellos pertenecen a la serie de los lantánidos. Los elementos comunes en ambas especies son Ba, Sn, Cu, Ce, Er, Cs y Sb.

AGRADECIMIENTOS

Se desea hacer patente un reconocimiento al M. C. Xavier Madrigal Sánchez, Coordinador del Herbario de la Facultad de Biología de la UMSH, por la identificación de las muestras botánicas; al Ing. Federico Salazar Herrera, quien auxilió en la colecta del material botánico como las muestras de madera; y a la fábrica de muebles Señal, S. A. por haber brindado el apoyo financiero para llevar acabo el presente estudio.

REFERENCIAS

- American Society for Testing Materials. 1981. ASTM Standards. Part 22 wood adhesives (D 1102-56). Philadelphia. 1192 p.
- Ávila Calderón, L. E. A. 1995. Componentes inorgánicos en la madera. *Ciencia y Tecnología de la Madera* 5: 24-27.
- Browning, B. L. 1967. *Methods of wood chemistry*. I. John Wiley & Sons, Inc. Wisconsin. 384 p.
- Castañeda Martínez, J. G. 1986. Composición química de la madera de tres especies tropicales de Jalisco. Tesis profesional. Universidad de Guadalajara. México. 67 p.
- Cutter, B. E., E. A. McGinnes, Jr., and D. H. McKown. 1980. Inorganic concentrations in selected woods and charcoals measured using NAA. *Wood Fiber* 12 (2): 72-79.
- Díaz Gómez, V. y J. Huerta Crespo. 1986. Utilización de las maderas tropicales en México. *Ciencia Forestal* 11 (60): 127-144.
- Fakankun, O. A. and C. A. Loto. 1990. Determination of cations and anions in the ashes of some medicinally used tropical woods. *Wood Sci. Technol.* 24: 305-310.
- Fengel, D. and G. Wegener. 1984. *Wood chemistry, ultrastructure, reactions*. Walter de Gruyter, Berlin. 613 p.
- Guridi Gómez, L. I. 1980. La madera en las artesanías del Estado de Michoacán. *Bol. Div. Inst. Nac. Invest. For.* No. 50. México. 132 p.
- Guridi Gómez, L. I. 1996. Caracterización macroscópica de la madera de cuatro especies tropicales mexicanas: campincerán (*Dalbergia congestiflora* Pittier), granadillo o zangalicua (*D. granadillo* Pittier), palo escrito (*D. paloescrito* Rzedowski et Guridi) y granadillo (*Platymiscium lasiocarpum* Sandw.). *Ciencia y Tecnología de la Madera* 8: 3-14.
- Guridi Gómez, L. I. y T. García-Moreno. 1996. Las maderas en los instrumentos musicales de cuerda de Paracho, Michoacán. Editorial Universitaria. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich., México. (en prensa).

- Hillis, W. E. 1987. Heartwood and tree exudates. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg, 268 p
- Infante-Gil, S., y G. P. Zárate de Lara, 1984. Métodos estadísticos, un enfoque multidisciplinario. 2ª reimpresión. Trillas. México. 643 p.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1988. Jalisco en Síntesis. 2ª ed. México. 57 p.
- Lawrence, G. H. M. 1959. Taxonomy of vascular plants. MacMillan Publishing Co., Inc. New York. 823 p.
- McVaugh, R. 1987. Flora Novo-Galiciana. Vol. 5. Leguminosae. The University of Michigan. Ann Arbor. MI. 786 p.
- Niembro Rocas, A. 1986. Árboles y arbustos útiles de México. Limusa. México. 206 p.
- Rutiaga Quiñones, J. G., E. Windeisen, and P. Schumacher. 1995. Antifungal activity of heartwood extract from *Dalbergia granadillo* and *Enterolobium cyclocarpum*. Holz Roh Werkst. 53: 308.
- Rutiaga Quiñones, J. G. y V. M. Rodríguez-Alcocer. 1998. Toxicidad del extracto etanol-benceno de *Dalbergia granadillo* Pittier contra el hongo *Trichoderma viride*. Ciencia y Tecnología de la Madera Época 2, 2: 5-9.
- Rutiaga Quiñones, J. G. 2001. Chemische und biologische Untersuchungen zum Verhalten dauerhafter Holzarten und ihrer Extrakte gegenüber holzabbauenden Pilzen. Buchverlag Gräfeffing. 210 S.
- TAPPI Test Methods (1994-1995). 1994. TAPPI press (T 15 os-58). Atlanta.
- Villaseñor Araiza, J. C. y J. G. Rutiaga Quiñones 2000. La madera de *Casuarina equisetifolia* L., química e índices de calidad de pulpa. Madera y Bosques 6 (1): 29-40.
- Wagenführ, R. und Chr. Scheiber, 1974. Holzatlas. VEB Fachbuchverlag Leipzig. 720 S.
- Young, H. E., and V. P. Guinn. 1966. Chemical elements in complete mature trees of seven species in Maine. Tappi 49 (5): 190-197.
- Zizumbo Cortés, F. 1998. Estudio tecnológico de la madera de *Pithecellobium ebano* (Benth.) Berlan., como fundamento para su aprovechamiento integral. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 159 p.