

# Algunas características anatómicas y tecnológicas de la madera de 24 especies de *Quercus* (encinos) de México

## Some anatomical and technological characteristics of 24 *Quercus* wood species (oaks) of Mexico

Carmen de la Paz Pérez-Olvera<sup>1</sup> y Raymundo Dávalos-Sotelo<sup>2</sup>

### RESUMEN

Se presentan las características anatómicas, físicas y mecánicas de la madera de 24 especies de *Quercus* de la sección Lobatae (encinos rojos) y de la sección Quercus (encinos blancos) recolectadas en varios estados de la República Mexicana. Se muestreó de uno a cinco ejemplares por especie en bosques de pino-encino. Para el estudio anatómico macroscópico se elaboraron tabillitas de 12 x 7 x 1 cm y para el microscópico se hicieron laminillas fijas de cortes y de material disociado. Para los estudios físicos y mecánicos se prepararon probetas de diferentes dimensiones de acuerdo con los métodos de prueba de la ASTM. Todo el material se obtuvo en los planos: transversal, tangencial y radial. A los elementos mensurables se les hizo un análisis estadístico univariado y se clasificaron conforme a la media. Los ensayos se hicieron en probetas saturadas (condición verde). Con base en bibliografía se incluyen otras características tecnológicas de la madera. De acuerdo con los resultados obtenidos se sugieren usos.

#### PALABRAS CLAVE:

Características anatómicas, características físico-mecánicas, madera, México, *Quercus*.

### ABSTRACT

The anatomical, physical and mechanical characteristics of 24 *Quercus* species of the Lobatae section (red oaks) and of the Quercus section (white oaks) collected in several states of the Mexican Republic are presented. The sample consisted of one to five specimens per species growing in pine-oak forests. For the macroscopic anatomical study 12 x 7 x 1 cm specimens were used and slides with views of the different planes as well as the dissociated material were made for the microscopic study. For the physical and mechanical studies, specimens of different sizes were made, according to ASTM standards. All the material was prepared in the different planes: transverse, tangential and radial. Descriptive statistics were calculated for each variable measured and the different properties were classified into categories according to their mean values. Tests were made with small clear green specimens. Based on bibliography, information on other characteristics is included. According to the results obtained, end uses for the woods are suggested.

#### KEYWORDS:

Anatomical characteristics, physical-mechanical characteristics, Mexico, *Quercus*, wood.

- 1 Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Departamento de Biología. Av. San Rafael Atlixco 186. Col Vicentina, Iztapalapa. AP 55-535. CP 09340. México D.F. Correo electrónico: cppo@xanum.uam.mx
- 2 Instituto de Ecología, A. C. km. 2.5 carretera antigua a Coatepec núm. 351, Congregación "El Haya", Xalapa, Ver. CP 91070. Correo electrónico: raymundo.davalos@inecol.edu.mx

## INTRODUCCIÓN

En México, entre los recursos forestales maderables más abundantes están los encinos, representados principalmente por las especies de la sección Lobatae o encinos rojos y de la sección Quercus o encinos blancos, distribuidas ampliamente en las zonas montañosas de la República Mexicana (Figura 1); los encinos rojos con 46 especies arbóreas y los encinos blancos con 39 (McVaugh, 1974 y Aguilar *et al.*, 1999). La madera de ambas secciones presenta cualidades distintivas que deben considerarse en su industrialización para evitar desperdicios al hacer mezclas inapropiadas (De la Paz Pérez y Aguilar, 1978 y De la Paz Pérez, 1985).

La distribución de algunas especies es amplia como en el caso de *Q. affinis*, *Q. candicans*, *Q. castanea*, *Q. coccolobifolia*, *Q. crassifolia*, *Q. laurina*, *Q. mexicana*, *Q. sideroxylo*, *Q. obtusata*, *Q. resinosa* y *Q. rugosa*, la cual abarca la mayoría de los estados de la República; otras son de distribución restringida como *Q. crispipilis*, *Q. durifolia*, *Q. eugeniaefolia*, *Q. ghiesbreghtii*, *Q. skinneri*, *Q. uxoris*, *Q. xalapensis*, *Q. convallata*, *Q. excelsa*, *Q. laeta* y *Q. potosina*. El mayor número de especies se distribuye en el eje Neovolcánico en los estados de Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Puebla y Veracruz (Figura 1), en altitudes de (800) 1350 a 2700 (3000) msnm (Martínez, 1985; Rzedowski, 1978 y Zavala, 1995).

El conjunto de las características anatómicas tiene influencia en el comportamiento de la madera, pero en la madera de encino, la anchura y altura de los radios multiseriados, el tipo de porosidad, la abundancia y el grosor de las paredes de las fibras, el diámetro de los poros y tipo y abundancia de los contenidos celulares son los caracteres anatómicos que tienen mayor influencia en sus propiedades (Kollman y Coté Jr., 1968; Jane, 1970; Panshin y de Zeeuw, 1970; Desch, 1974; Wangaard, 1981 y De la Paz Pérez, 1985; 2000). En

México se han efectuado un gran número de trabajos sobre los encinos mexicanos, cuyos resultados se presentan de manera resumida en el estudio de De la Paz Pérez (2000), quien indica que para esa fecha se habían estudiado las características anatómicas de 46 especies, en diferentes estados de la República, principalmente Michoacán, Veracruz y Guerrero. Las especies más estudiadas son *Q. candicans*, *Q. castanea* y *Q. crassifolia*. El número de especies estudiadas en aspectos físicos y mecánicos es menor, pero la mayoría de los autores coincide en que los encinos tienen excelentes características mecánicas, aunque sufren de altas contracciones, las que pueden controlarse con procesos de secado adecuados. Un trabajo más reciente presenta las características anatómicas de ocho especies del estado de Oaxaca (De la Paz Pérez *et al.*, 2006).

En los procesos de transformación deben considerarse cuando menos las características que presentan las especies de cada sección para evitar desperdicios. Una división natural en su industrialización es la separación en blancos y rojos, ya que al mezclarlos, se produce un alto desperdicio de los primeros (Bejar, 1982 y Zavala, 2003), en detrimento del recurso.

El uso adecuado de los recursos naturales, entre ellos el forestal maderable, se traduce en una fuente de riqueza para el país que sepa utilizarlos. La explotación silvícola no debe ni puede estar basada en la tala despiadada ni en las vedas totales, debe explotarse racional e íntegramente, de manera sustentable, en beneficio del sistema ecológico, de los dueños del recurso y de la economía nacional.

## OBJETIVOS

Presentar la información de las características anatómicas, físicas y

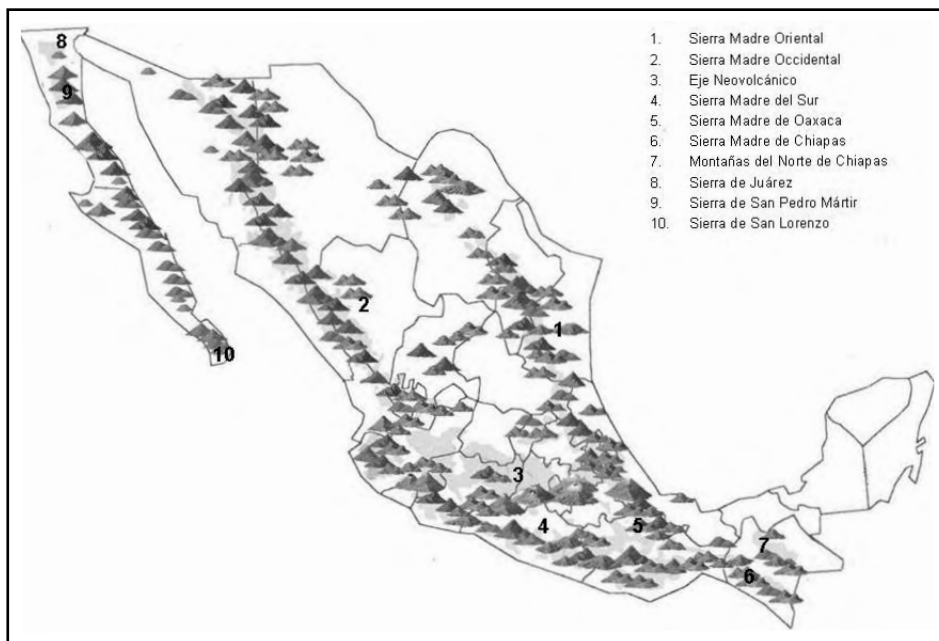


Figura 1. Regiones fisiográficas de la República Mexicana donde se presentan encinos

mecánicas de la madera de 24 especies de *Quercus*: 16 de la sección Lobatae (encinos rojos) y 8 de la sección *Quercus* (encinos blancos), recolectadas en varios estados de la República Mexicana.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Las especies se recolectaron en bosques de pino-encino de los estados de: Durango, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Chiapas, Puebla y Veracruz; se estudiaron de uno a cinco ejemplares recolectados en diferentes sitios (Anexo 1). De cada árbol se obtuvieron, de base a copa, cuatro trozas de 1,20 m de longitud. De la primera se obtuvo el material para el estudio anatómico y de las otras tres, el material para los ensayos físicos y mecánicos.

De la troza para anatomía, para el estudio microscópico, a la altura de 1,20 m se cortaron dos rodajas de 1 cm de grosor en las que se muestrearon cubos de 1 x 1 x 1 cm. Los cubos se ablandaron en agua destilada a ebullición cinco horas diarias durante ocho días para las especies rojas y durante 12 días para las especies blancas.

De ellos se obtuvieron cortes de 15 a 20  $\mu\text{m}$  de grosor, en los planos transversal, tangencial y radial. Los cortes se tiñeron con verde yodo, se deshidrataron en alcoholes graduados y se montaron con resina sintética de acuerdo con Johansen (1940) y Sandoval (2005).

De los cubos se cortaron pequeñas astillas para hacer preparaciones de material disociado. Las astillas se colocaron en

tubos de ensayo agregándoles una solución a partes iguales de ácido acético, ácido láctico, ácido nítrico y glicerina y se flamearon en pequeños intervalos durante 10 horas. El material se tiñó con safranina y se montó con gelatina glicerizada.

A los elementos mensurables se les hizo un análisis estadístico univariado y se clasificaron con base en la media de acuerdo con Chattaway (1932) y IAWA Committee (1937, 1939). Las descripciones microscópicas se hicieron de acuerdo con IAWA Committee (1964, 1989). Para el

estudio de los radios también se consideró a Kribs (1968), mientras que para los cristales a Chattaway (1955, 1956). Se incluye el valor de la media para la longitud de los vasos, altura y anchura de los radios y longitud, diámetro y grosor de la pared de las fibras (Tabla 1).

Del resto de la troza se obtuvieron tablillas de 15 x 7 x 1 cm que se utilizaron para describir las características macroscópicas, las cuales se determinaron usando las tablas de clasificación de Tortorelli (1956) y para el color las tablas de Munsell Color

Tabla 1. Valores anatómicos

ESPECIES	VASOS	RADIOS MULTISERIADOS		FIBRAS		
	longitud $\mu\text{m}$	altura cm	anchura $\mu\text{m}$	longitud $\mu\text{m}$	diámetro $\mu\text{m}$	grosor $\mu\text{m}$
<b>ENCINOS ROJOS</b>						
<i>Q. acutifolia</i>	400-591	1,3-2,5	208-385	2092	10	9
<i>Q. affinis</i>	455-625	0,9-1,5	250-300	1146-1364	10	9
<i>Q. candicans</i>	400-585	0,8-3,0	351-482	1536-1773	6-8	9
<i>Q. castanea</i>	425-650	1,0-3,0	320-470	1215-1535	4-7	9
<i>Q. coccolobifolia</i>	390	1,8	470	1111	7	7
<i>Q. conspersa</i>	455	1,3	312	1256	8	7
<i>Q. crassifolia</i>	423-580	0,7-1,5	242-479	1066-1689	5-8	5-8
<i>Q. crispipilis</i>	615	2,0	242	1633	10	7
<i>Q. durifolia</i>	520	2,5	362	1538	7	6
<i>Q. eugeniaefolia</i>	432	2,3	192	1140	10	6
<i>Q. laurina</i>	442-632	1,5-2,0	280-457	1186-1548	8	5-8
<i>Q. mexicana</i>	360	2,0	240	1168	6	4
<i>Q. scytophylla</i>	500	1,5	341	1740	5	9
<i>Q. sideroxylo</i>	455-565	2,0-2,5	386-455	1392-1462	9	7
<i>Q. skinneri</i>	500	1,7	300	1603	5	9
<i>Q. uxoris</i>	455	1,5	220-468	1165-1530	9-12	7
<b>ENCINOS BLANCOS</b>						
<i>Q. convallata</i>	518	2,0	952	1575	5	7
<i>Q. excelsa</i>	465	1,5	400	1675	6	8
<i>Q. glabrescens</i>	488-520	1,8-2,0	234-553	1081-1312	5-10	7-10
<i>Q. laeta</i>	585	2,5	600	1692	7	8
<i>Q. obtusata</i>	400-562	3,0	846-971	1479-1536	4-5	8-9
<i>Q. potosina</i>	405	5,0	793	1227	5	6
<i>Q. resinosa</i>	480	1,5	522	1623	7	9
<i>Q. rugosa</i>	522	3,0	522	1707	5	9

(1990). Para cada especie se describió: el color, el olor, el sabor, el brillo, el veteado, la textura, el hilo y la visibilidad de los elementos celulares.

De las trozas restantes se obtuvieron tabloncillos tangenciales y radiales de 0,03 x 0,12 x 1,20 m de las que se elaboraron probetas para los ensayos de contracción y prismas de 0,06 X 0,06 x 1,20 m de los que se manufacturaron las probetas para los ensayos mecánicos. Todos los ensayos se hicieron en probetas saturadas (condición verde) de diferentes tamaños. De cada probeta se obtuvieron muestras para determinar la densidad básica o relativa. Los ensayos se hicieron de acuerdo a la American Society for Testing and Materials (1993) (norma ASTM D-143).

De cada propiedad se hizo un análisis estadístico univariado y los valores se clasificaron con base en los siguientes criterios: las características anatómicas de acuerdo con IAWA (1937, 1939), Chattaway (1932) y Tortorelli (1956); las propiedades físicas de acuerdo con Torelli (1982) y Echenique *et al.* (1975) y las propiedades mecánicas de acuerdo con Dávalos y Bárcenas (1998) y Dávalos *et al.* (2001). Los ensayos mecánicos se realizaron en una máquina universal Baldwin (Satec System) de 180 toneladas. Se presenta el valor de la media para los valores físicos de la densidad relativa, contracción volumétrica y coeficiente de anisotropía (Tabla 2) y los valores de la media para los ensayos mecánicos de dureza lateral y extremos, flexión (MOR y MOE), compresión paralela (EMÁX) y perpendicular (ELP) y cortante paralelo a la fibra (EMÁX) (Tabla 3).

Para cada especie se presentan los resultados en forma de fichas que recopilan la información de manera resumida, incluyendo su distribución geográfica y altitudinal

en México, los nombres comunes, las características anatómicas, físicas y mecánicas. Se ilustra con un mapa de su distribución en la República, una fotografía del ejemplar de herbario, una de la tablilla tangencial donde se aprecia el color, veteado, textura e hilo, altura y anchura de los radios multiseriados, una del corte transversal a 10x donde se observa el tipo de porosidad, diámetro tangencial de los poros, la anchura y el número de series de los radios multiseriados, la distribución y abundancia del parénquima axial y de las fibras y presencia o ausencia de los contenidos celulares: tílides y cristales; por último, una del corte tangencial a 10x donde se observan las características de los radios uniseriados y de los multiseriados: su abundancia, su anchura, su altura y el número de series, la longitud de los elementos vasculares y la presencia o ausencia de los contenidos celulares.

En el texto del artículo se dan otras características tecnológicas con base en la bibliografía (Kukachka, 1956; Rendle, 1969a, b; 1970; Kollman y Coté Jr., 1968; Jane, 1970; Panshin y de Zeeuw, 1970; Desch, 1974; Dinwoodie, 1975; Wangaard, 1981; Martínez y Martínez-Pinillos, 1996; Martínez-Pinillos y Martínez (1996); Ordóñez *et al.*, 1998; De la Paz Pérez, 2000 y Bárcenas *et al.*, 2007).

Las muestras de madera se registraron en la Xiloteca UAMIZ de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa y en la Xiloteca del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) y los ejemplares de respaldo se depositaron en el Herbario Metropolitano UAMIZ "Dr. Ramón Riba y Nava" y el del INIFAP "Biól. Luciano Vela Gálvez". Las especies se organizaron en secciones de acuerdo con Nixon (1993), pero se mantiene la nomenclatura de encinos rojos (Subgénero *Erythrobalanus*) y encinos blancos (*Leucobalanus*) de acuerdo con Trelease (1924), Martínez (1985) y Zavala (1995).

Tabla 2. Valores físicos

ESPECIES	densidad básica	contracción volumétrica %	coeficiente de anisotropía
<b>ENCINOS ROJOS</b>			
<i>Q. acutifolia</i>	0,667	20,01	2,79
<i>Q. affinis</i>	0,579	15,34	2,36
<i>Q. candicans</i>	0,639	17,39	2,58
<i>Q. castanea</i>	0,684	17,60	2,23
<i>Q. coccolobifolia</i>	0,607	20,09	2,54
<i>Q. conspersa</i>	0,687	18,24	2,24
<i>Q. crassifolia</i>	0,660	18,20	2,15
<i>Q. crispipilis</i>	0,664	22,42	2,42
<i>Q. durifolia</i>	0,679	19,23	2,33
<i>Q. eugeniaefolia</i>	0,591	15,21	2,95
<i>Q. laurina</i>	0,652	18,48	2,63
<i>Q. mexicana</i>	0,613	18,16	2,03
<i>Q. scytophylla</i>	0,637	19,71	2,66
<i>Q. sideroxyla</i>	0,614	16,66	2,80
<i>Q. skinneri</i>	0,662	16,37	2,08
<i>Q. uxoris</i>	0,616	18,37	2,64
<b>ENCINOS BLANCOS</b>			
<i>Q. convallata</i>	0,712	19,51	2,45
<i>Q. excelsa</i>	0,715	19,26	2,41
<i>Q. glabrescens</i>	0,640	20,13	2,09
<i>Q. laeta</i>	0,746	21,44	2,44
<i>Q. obtusata</i>	0,756	20,13	2,31
<i>Q. potosina</i>	0,767	22,51	2,67
<i>Q. resinosa</i>	0,762	18,65	2,28
<i>Q. rugosa</i>	0,688	18,92	2,35

Tabla 3. Valores mecánicos

ESPECIES	Dureza (N)		Flexión (MPa)		Compresión (MPa)		Cortante (MPa)
	lateral	extremos	MOR	MOE	paralela	perpendicular	EMAX
					EMAX	ELP	
<b>ENCINOS ROJOS</b>							
<i>Q. acutifolia</i>	7230	6220	71,7	14951	33,3	8,4	9,0
<i>Q. affinis</i>	4570	4740	40,9	7846	22,0	9,7	10,4
<i>Q. candicans</i>	5740	5830	60,1	11492	29,0	6,2	8,8
<i>Q. castanea</i>	7040	7380	66,2	11555	34,8	9,1	10,6
<i>Q. coccolobifolia</i>	5150	5620	65,2	9902	28,3	6,7	9,4
<i>Q. conspersa</i>	7880	7010	77,4	16516	44,0	8,8	9,9
<i>Q. crassifolia</i>	7080	6190	66,2	11784	34,7	9,3	10,3
<i>Q. crispipilis</i>	6310	5990	63,7	14985	33,1	6,9	8,0
<i>Q. durifolia</i>	8620	9420	85,2	12493	35,6	11,4	11,4
<i>Q. eugeniaefolia</i>	4570	5160	63,3	12239	24,7	7,0	9,0
<i>Q. laurina</i>	6740	6620	73,6	14620	37,9	8,6	10,1
<i>Q. mexicana</i>	6070	6030	73,5	12730	22,4	8,5	10,0
<i>Q. scytophylla</i>	7160	7100	72,6	12718	36,9	7,9	9,2
<i>Q. sideroxyfa</i>	5270	5660	66,0	10005	28,8	8,8	9,4
<i>Q. skinneri</i>	6290	6860	70,8	11482	34,8	6,7	10,5
<i>Q. uxoris</i>	6290	6030	72,0	12870	30,6	6,8	9,4
<b>ENCINOS BLANCOS</b>							
<i>Q. convallata</i>	7330	8010	79,6	11609	31,2	16,0	11,4
<i>Q. excelsa</i>	7520	7450	85,1	15103	38,6	13,8	9,8
<i>Q. glabrescens</i>	5820	5810	73,4	110348	34,6	9,8	10,7
<i>Q. laeta</i>	8130	8880	84,3	12159	34,7	10,7	11,9
<i>Q. obtusata</i>	8910	8960	79,9	142635	40,9	10,9	11,2
<i>Q. potosina</i>	8650	9450	86,6	12502	35,7	11,4	12,3
<i>Q. resinosa</i>	8520	9310	81,6	11570	35,7	11,2	12,2
<i>Q. rugosa</i>	5940	5740	66,2	13013	33,5	9,1	9,0

## RESULTADOS

### Características de las especies

#### Sección Lobatae (Subgénero *Erythrobalanus* o encinos rojos)

##### 1. *Quercus acutifolia* Née

###### Distribución

Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, México, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

###### Altitud

1500-2600 msnm

###### Nombres comunes

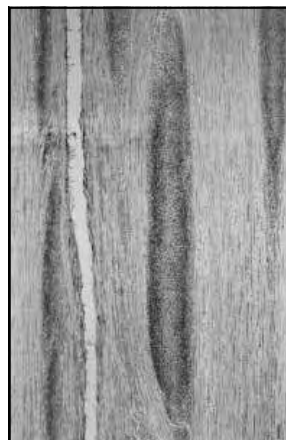
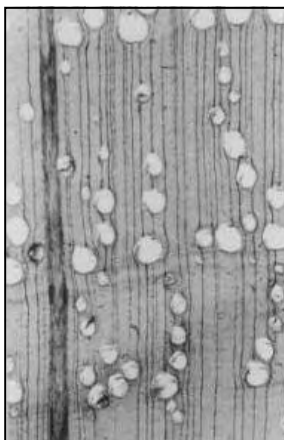
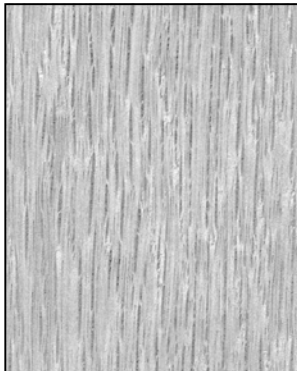
Encino saucillo, encino blanco, encino laurelillo, encino teposcohuite.

###### Características anatómicas

Madera castaño muy pálido a castaño rojizo claro con radios multiseriados castaño rojizo oscuro. Porosidad anular. Anillos de crecimiento de 2 a 4 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y anchos a muy anchos, la mayoría de 10 a 20 series. Fibras largas, de diámetro fino y pared mediana. Vasos con pocas tílides y parénquima con escasos cristales romboidales.

###### Características físicas y mecánicas

Madera pesada, de contracciones muy altas, de dura a muy dura, rígida, moderadamente resistente a resistente a la compresión paralela, muy resistente a la compresión perpendicular y resistente al cortante paralelo.







2. *Quercus affinis* Scheid.

**Distribución**

Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Distrito Federal, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

**Altitud**

1300-2360 msnm

**Nombres comunes**

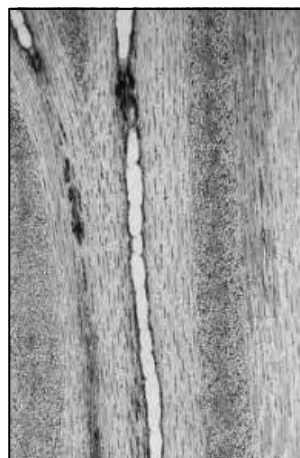
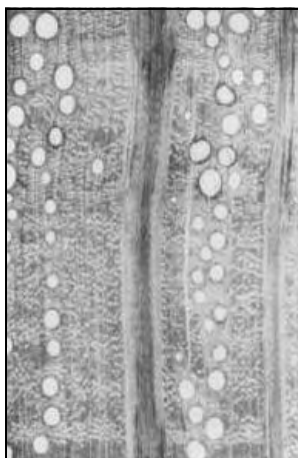
Encino, encino laurelillo, encino roble, encino manzanillo, encino de hoja delgada, titzmol, shishihuilón.

**Características anatómicas**

Madera castaño muy pálido con radios multiseriados castaño oscuro. Porosidad semi anular. Anillos de crecimiento de 2 a 4 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y muy anchos, la mayoría de 13 a 16 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared mediana. Vasos con pocas tñides.

**Características físicas y mecánicas**

Madera pesada, de contracciones altas, de moderadamente dura a muy dura, flexible, moderadamente resistente a resistente a la compresión paralela, a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.



### 3. *Quercus candicans* Née



#### **Distribución**

Chihuahua, Durango, San Luis Potosí, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Distrito Federal, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

#### **Altitud**

1600-2500 msnm

#### **Nombres comunes**

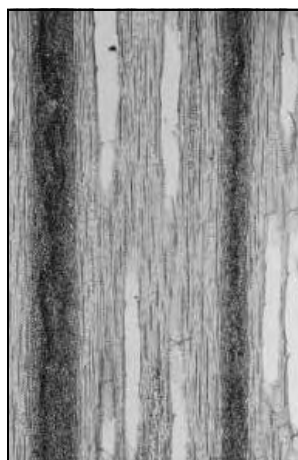
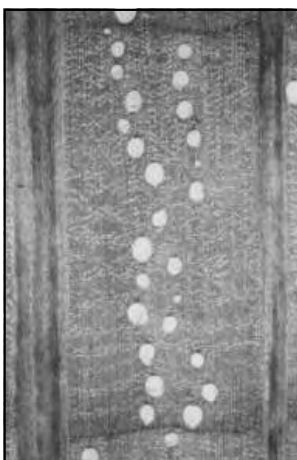
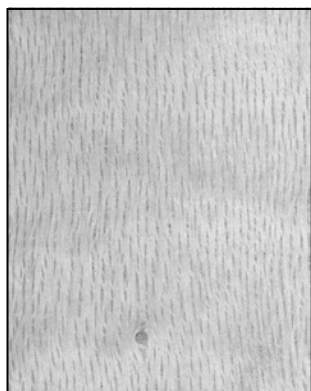
Encino de asta, encino blanco, ahuamextli.

#### **Características anatómicas**

Albura blanco rosado, rosa, gris rosado o castaño rojizo claro y duramen rosa o rojizo claro con radios multiseriados castaño rojizo claro u oscuro. Porosidad difusa. Anillos de crecimiento de 2 a 5 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y extremadamente anchos, la mayoría de 20 a 25 series. Fibras medianas o largas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con pocas tílides.

#### **Características físicas y mecánicas**

Madera pesada a muy pesada, de contracciones altas a muy altas, dura a muy dura, moderadamente flexible a rígida, moderadamente resistente a resistente a la compresión paralela, resistente a la compresión perpendicular y moderadamente resistente a resistente al cortante paralelo.



4. *Quercus castanea* Née**Distribución**

Sonora, Sinaloa, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Distrito Federal, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

**Altitud**

(800) 1500-2200 (2800) msnm

**Nombres comunes**

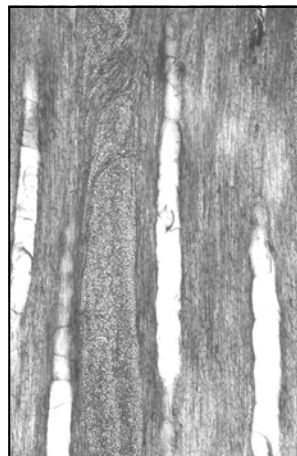
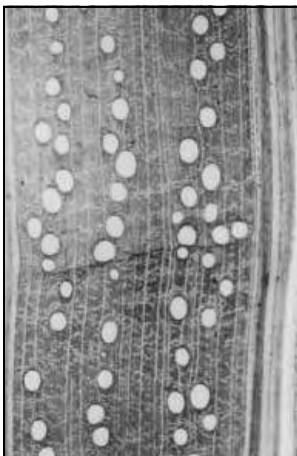
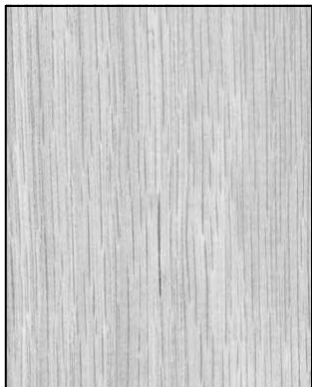
Encino, roble, encino roble, encino pipitillo, teposcohuite chino, encino chaparro, aguacatillo, encino blanco, encino negro, encino prieto, encino amarillo, encino rojo, palo colorado, encino de agua, papacla, tenexahuatl, encino quimishahuate grande, encino mazacuate.

**Características anatómicas**

Albura blanco rosado o castaño muy pálido y duramen rojo pálido o castaño rojizo claro con radios multiseriados rosa a castaño rojizo. Porosidad difusa. Anillos de crecimiento de 2 a 5 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos a muy altos y muy anchos a extremadamente anchos, la mayoría de 17 a 23 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con pocas o abundantes tílides y parénquima con escasos cristales romboidales.

**Características físicas y mecánicas**

Madera pesada a muy pesada, de contracciones altas a muy altas, de dura a muy dura, moderadamente flexible a rígida, de moderadamente resistente a muy resistente a la compresión paralela, resistente a muy resistente a la compresión perpendicular y resistente a muy resistente al cortante paralelo.





5. *Quercus coccolobifolia* Trel.

**Distribución**

Sonora, Chihuahua, Nuevo León, Sinaloa, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Aguascalientes y Guanajuato.

**Altitud**

1750-2500 msnm

**Nombres comunes**

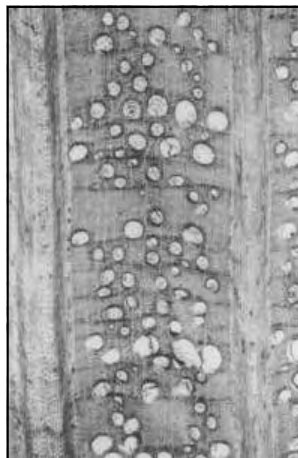
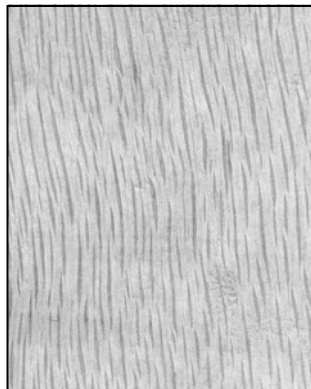
Encino, encino roble, encino verde.

**Características anatómicas**

Albura rosa y duramen rojo pálido o castaño rojizo claro con radios multiseriados rojo oscuro. Porosidad anular. Anillos de crecimiento de 1 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y extremadamente anchos, la mayoría de 27 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared mediana. Vasos con abundantes tílides y parénquima con escasos cristales romboidales.

**Características físicas y mecánicas**

Madera pesada, de contracciones muy altas, dura, rígida, moderadamente resistente a la compresión paralela, resistente a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.





6. *Quercus conspersa* Benth.

**Distribución**

Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Guanajuato, México, Morelos, Puebla y Veracruz.

**Altitud**

1200-1800 msnm

**Nombres comunes**

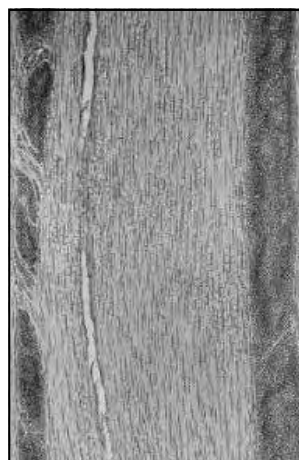
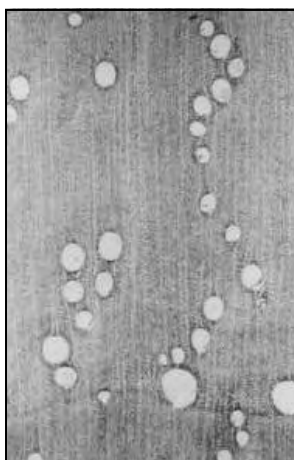
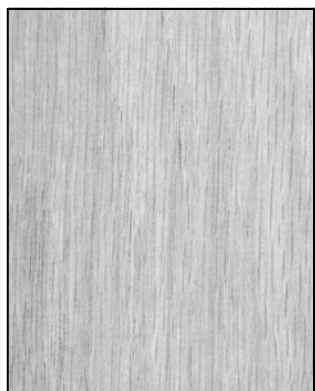
Encino roble amarillo, encino rojo, encino colorado, encino blanco, pipitillo, encino cáscara, teposcohuite.

**Características anatómicas**

Albura castaño muy pálido y duramen rosa con radios multi-seriados castaño rojizo oscuro. Porosidad semi anular. Anillos de crecimiento de 6 a 7 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y muy anchos, la mayoría de 16 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared mediana. Vasos con pocas tílides.

**Características físicas y mecánicas**

Madera pesada, de contracciones altas, muy dura, muy rígida, muy resistente a la compresión paralela y a la compresión perpendicular y resistente al cortante paralelo.



7. *Quercus crassifolia* Humb. & Bonpl.



**Distribución**

Chihuahua, Sinaloa, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Distrito Federal, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

**Altitud**

1800-2800 msnm

**Nombres comunes**

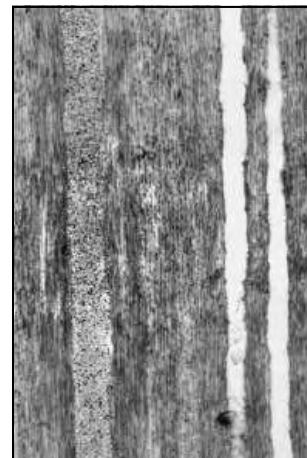
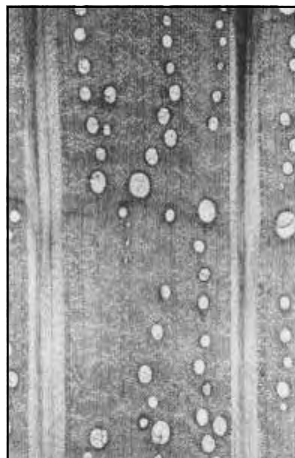
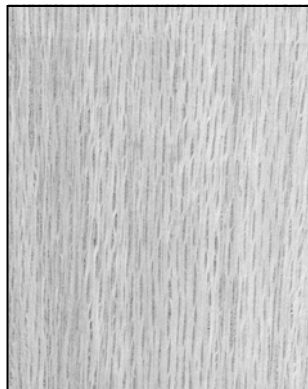
Encino, chicharrón, encino roble, encino hoja ancha, encino blanco, encino colorado, encino prieto, jicarillo, encino hojarasca.

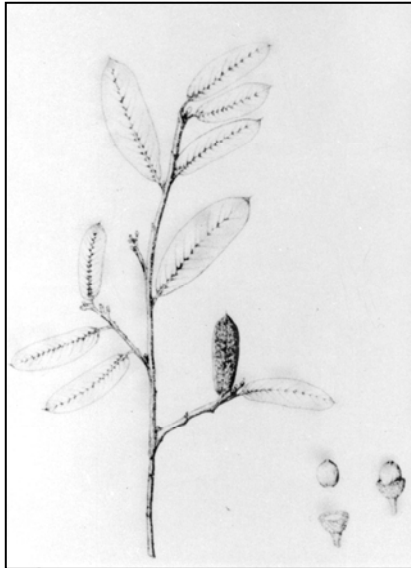
**Características anatómicas**

Madera de castaño pálido a rosa a castaño rojizo claro con radios multiseriados castaño oscuro, gris oscuro o rojos. Porosidad anular. Anillos de crecimiento de 2.5 a 4 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y muy anchos a extremadamente anchos de 13 a 25 series. Fibras medianas o largas, de diámetro fino y pared mediana a gruesa. Vasos con pocas tílides y parénquima con escasos cristales romboidales y escasas drusas.

**Características físicas y mecánicas**

Madera pesada, de contracciones altas, dura a muy dura, rígida, resistente a muy resistente a la compresión paralela, a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.





8. *Quercus crispipilis* Trel.

**Distribución**

Chiapas.

**Altitud**

2120-2500 msnm

**Nombres comunes**

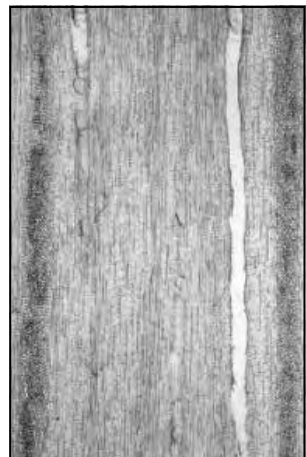
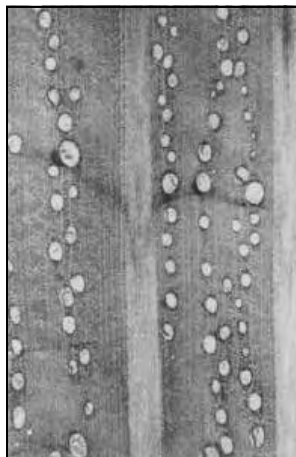
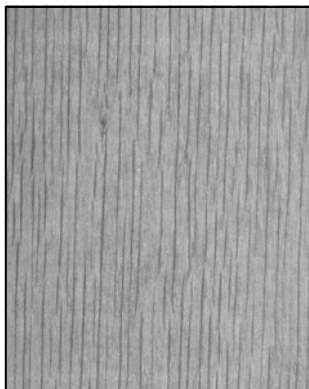
Encino, chiquinib.

**Características anatómicas**

Albura castaño muy pálido y duramen rosa con radios multiseriados castaño rojizo. Porosidad anular. Anillos de crecimiento de 3 a 4 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y muy anchos, la mayoría de 13 series. Fibras largas, de diámetro fino y pared mediana. Vasos con abundantes tílides y parénquima con escasos cristales romboidales.

**Características físicas y mecánicas**

Madera pesada, de contracciones muy altas, dura, rígida, resistente a la compresión paralela y a la compresión perpendicular y moderadamente resistente al cortante paralelo.



9. *Quercus durifolia* von Seem



**Distribución**

Chihuahua, Nuevo León y Durango.

**Altitud**

1800-2800 msnm

**Nombres comunes**

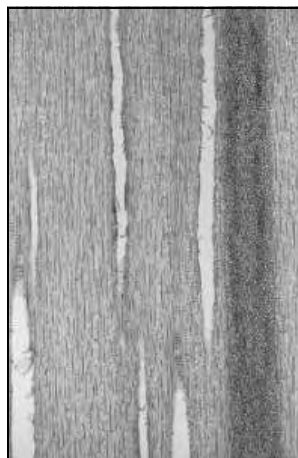
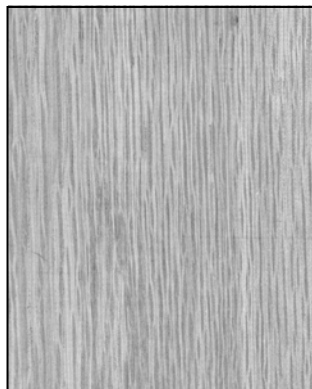
Encino colorado, encino laurelillo.

**Características anatómicas**

Albura rosa y duramen castaño rojizo claro con radios multiseriados rojo claro. Porosidad anular. Anillos de crecimiento de 4.5 a 5 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados muy altos y muy anchos, la mayoría de 19 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared mediana. Vasos con pocas tílides.

**Características físicas y mecánicas**

Madera pesada, de contracciones muy altas, muy dura, rígida, resistente a muy resistente a la compresión paralela, muy resistente a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.







10. *Quercus eugeniaefolia* Liebm.

**Distribución**

San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla, Veracruz y Oaxaca.

**Altitud**

2000-2250 msnm

**Nombres comunes**

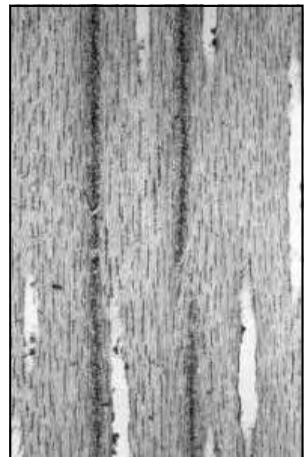
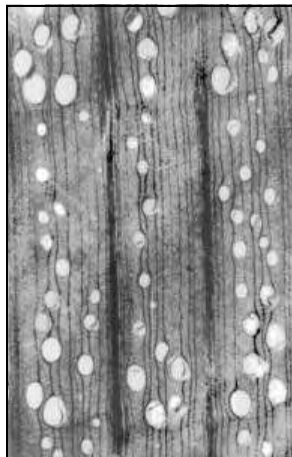
Manzanillo blanco.

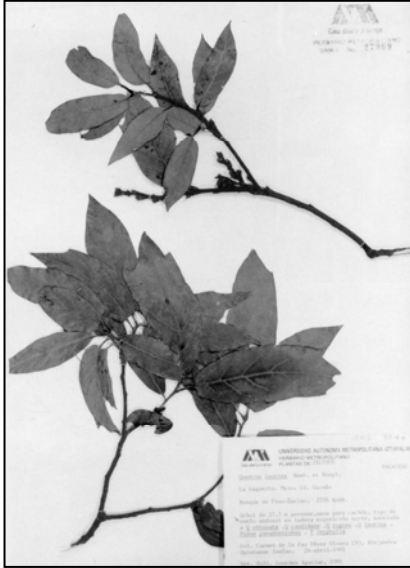
**Características anatómicas**

Madera rosa a castaño pálido con radios multiseriados castaño rojizo oscuro. Porosidad anular. Anillos de crecimiento de 4 a 5 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados muy altos y anchos, la mayoría de 10 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared gruesa.

**Características físicas y mecánicas**

Madera pesada, de contracciones altas, dura, moderadamente flexible a rígida, moderadamente resistente a resistente a la compresión paralela, resistente a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.





11. *Quercus laurina* Humb. & Bonpl.

**Distribución**

Tamaulipas, Sinaloa, Durango, San Luis Potosí,, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Distrito Federal, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

**Altitud**

2000-3300 msnm

**Nombres comunes**

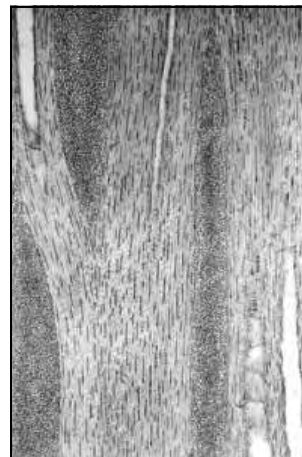
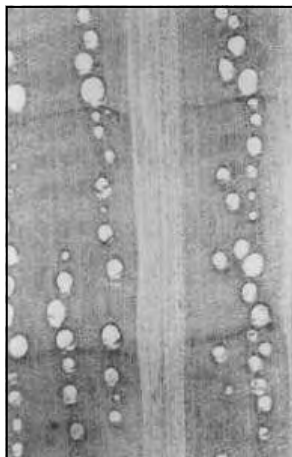
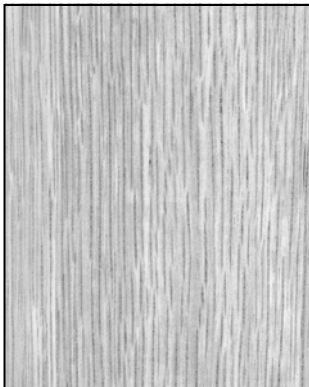
Chilillo, encino laurelillo, encino hoja angosta, encino roble, encino colorado, encino blanco, encino prieto, encino uricua, atluapitzahual, encino xicatahua, tesmolera, huitzalacate.

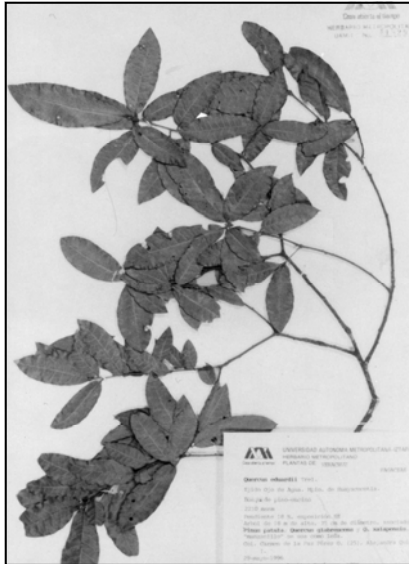
**Características anatómicas**

Albura rosa y duramen castaño claro a castaño rojizo con radios multiseriados castaño oscuro. Porosidad anular. Anillos de crecimiento de 1 a 4 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y muy anchos, la mayoría de 15 a 24 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared mediana a gruesa. Vasos con pocas tílides.

**Características físicas y mecánicas**

Madera pesada a muy pesada, de contracciones altas a muy altas, dura a muy dura, rígida a muy rígida, resistente a muy resistente a la compresión paralela y a la compresión perpendicular y moderadamente resistente a resistente al cortante paralelo.





12. *Quercus mexicana* Humb. & Bonpl.

**Distribución**

Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Chiapas, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Distrito Federal, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

**Altitud**

1600-2250 msnm

**Nombres comunes**

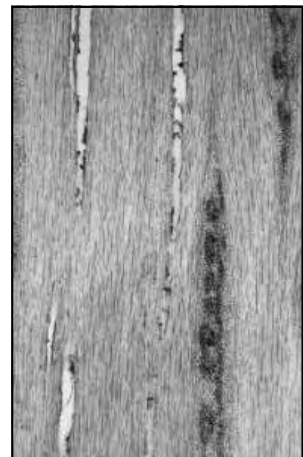
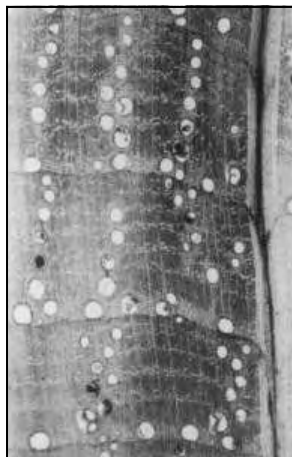
Manzanillo, encino enano.

**Características anatómicas**

Madera castaño pálido con radios multiseriados castaño rojizo oscuro. Porosidad anular. Anillos de crecimiento de 2 a 3 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y muy anchos, la mayoría de 13 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con pocas tílides.

**Características físicas y mecánicas**

Madera pesada, de contracciones muy altas, dura, rígida, moderadamente resistente a resistente a la compresión paralela, muy resistente a la compresión perpendicular y resistente al cortante paralelo.





13. *Quercus scytophylla* Liebm.

**Distribución**

Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, México y Puebla.

**Altitud**

1350-2500 msnm

**Nombres comunes**

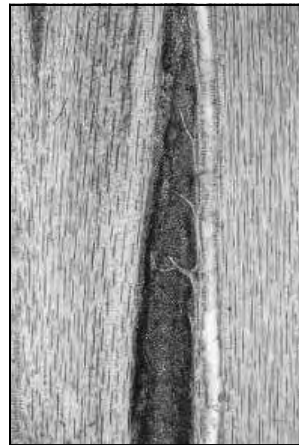
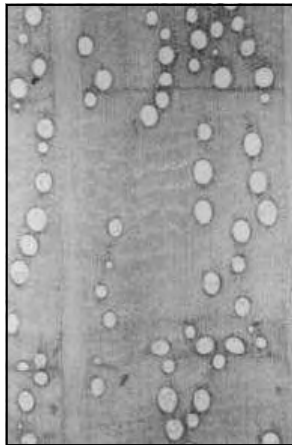
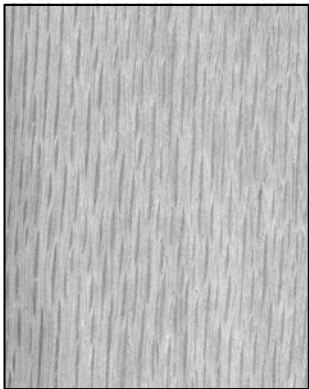
Encino prieto, encino blanco, encino rosillo.

**Características anatómicas**

Albura blanco rosado y duramen rosa a castaño rojizo con radios multiseriados castaño rojizo claro. Porosidad difusa. Anillos de crecimiento de 4 a 5 mm. Vasos medianos. Los radios multiseriados son altos y muy anchos la mayoría de 18 series. Fibras largas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con abundantes tñidos y parénquima con escasos cristales romboidales.

**Características físicas y mecánicas**

Madera pesada, de contracciones muy altas, muy dura, rígida, resistente a la compresión paralela, a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.





14. *Quercus sideroxyla* Humb. & Bonpl.

**Distribución**

Chihuahua, Nuevo León, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Michoacán, Aguascalientes y Guanajuato.

**Altitud**

2400-2600 msnm

**Nombres comunes**

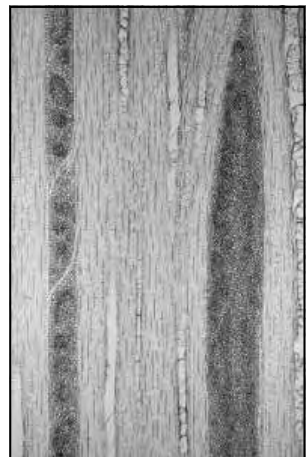
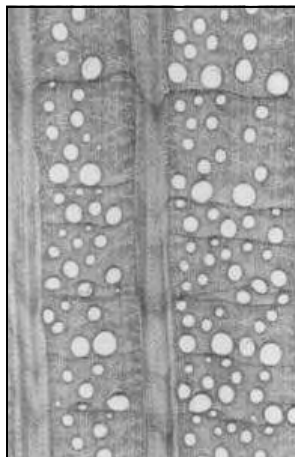
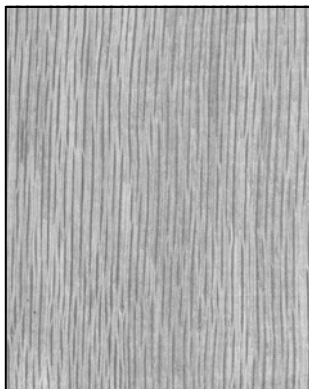
Encino.

**Características anatómicas**

Albura rosa a rojo pálido y duramen castaño rojizo claro a rojo con radios multiseriados castaño oscuro. Porosidad anular. Anillos de crecimiento de 1 a 2 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y muy anchos la mayoría de 20 a 24 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared mediana. Vasos con pocas tílides.

**Características físicas y mecánicas**

Madera pesada, de contracciones altas, dura, rígida, de moderadamente resistente a resistente a la compresión paralela, resistente a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.



15. *Quercus skinneri* Benth.

**Distribución**

Oaxaca, Chiapas y Veracruz.

**Altitud**

700-1000 msnm

**Nombres comunes**

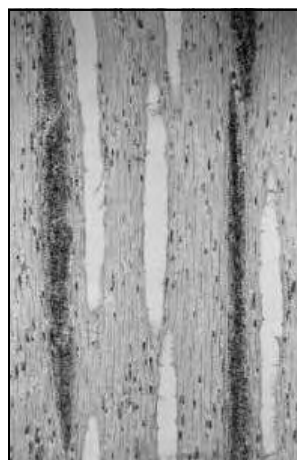
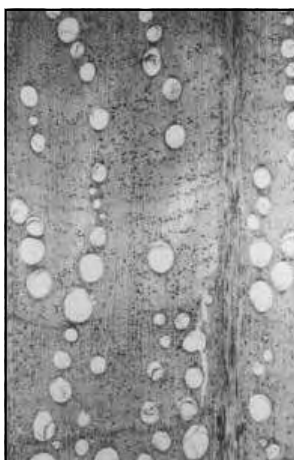
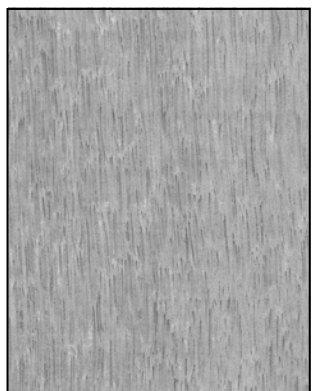
Encino.

**Características anatómicas**

Albura castaño pálido y duramen castaño rojizo con radios multiseriados castaño oscuro. Porosidad semi anular. Anillos de crecimiento de 1 a 2 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y muy anchos, la mayoría de 16 series. Fibras largas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con pocas tñides y parénquima con abundantes cristales romboidales.

**Características físicas y mecánicas**

Madera pesada, de contracciones altas, dura a muy dura, rígida, moderadamente resistente a la compresión paralela, resistente a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.





16. *Quercus uxoris* McVaugh

**Distribución**

Tamaulipas, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Chiapas, Puebla y Veracruz.

**Altitud**

1200-2250 msnm

**Nombres comunes**

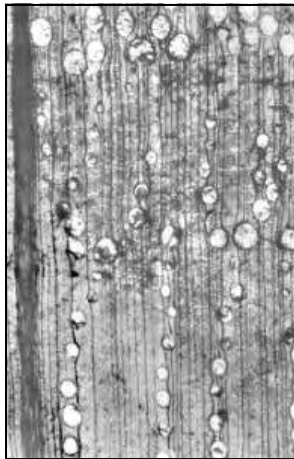
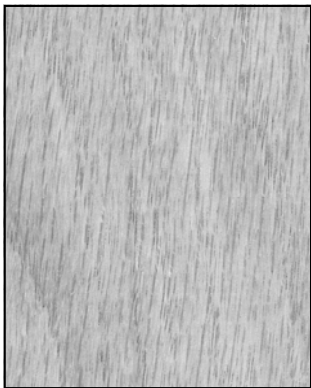
Capuchino, hojeador.

**Características anatómicas**

Madera rosa o castaño rojizo con radios multiseriados castaño rojizo oscuro. Porosidad anular. Anillos de crecimiento de 2 a 5 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y muy anchos la mayoría de 12 a 24 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared mediana. Vasos con pocas o abundantes tílides.

**Características físicas y mecánicas**

Madera pesada, de contracciones muy altas, dura a muy dura, rígida, moderadamente resistente a resistente a la compresión paralela, a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.



## Características de las especies

### Sección *Quercus* (Subgénero *Leucobalanus* o encinos blancos)



17. *Quercus convallata* Trel.

#### Distribución

Chihuahua, Sinaloa, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí.

#### Altitud

2000-2500 msnm

#### Nombres comunes

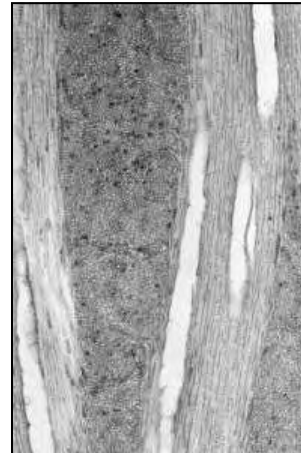
Encino blanco.

#### Características anatómicas

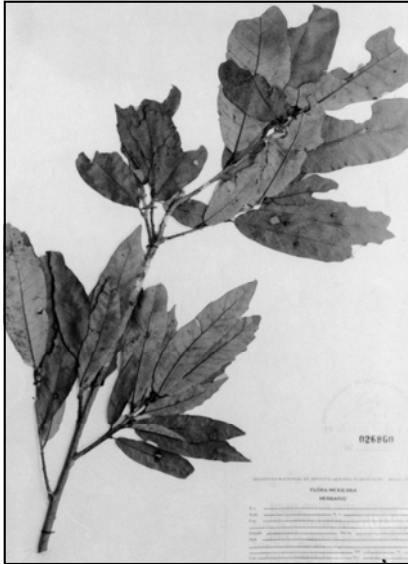
Albura castaño muy pálido y duramen castaño con radios multiseriados castaño oscuro. Porosidad difusa. Anillos de crecimiento de 1 a 2 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y extremadamente anchos, la mayoría de 50 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con abundantes tilides y parénquima con abundantes cristales romboidales.

#### Características físicas y mecánicas

Madera muy pesada, de contracciones muy altas, muy dura, rígida, resistente a muy resistente a la compresión paralela, muy resistente a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.







18. *Quercus excelsa* Liebm.

**Distribución**

Durango, San Luis Potosí, Jalisco, Oaxaca y Veracruz.

**Altitud**

1400-2250 msnm

**Nombres comunes**

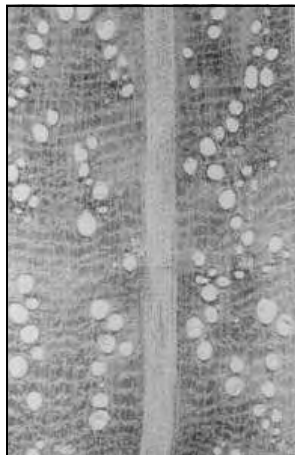
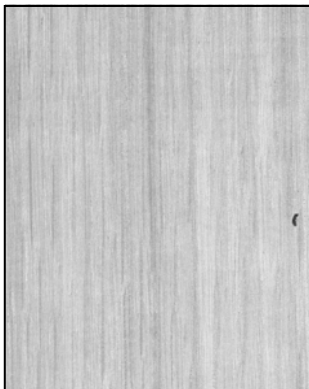
Encino bornio.

**Características anatómicas**

Madera castaño muy pálido con radios multiseriados castaño oscuro. Porosidad difusa. Anillos de crecimiento de 3 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y muy anchos, la mayoría de 21 series. Fibras largas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con abundantes tílides y parénquima con escasos cristales romboidales.

**Características físicas y mecánicas**

Madera muy pesada, de contracciones muy altas, muy dura, muy rígida, resistente a la compresión paralela, moderadamente resistente a la compresión perpendicular y resistente al cortante paralelo.



19. *Quercus glabrescens* Benth.

**Distribución**

San Luis Potosí, Michoacán, Oaxaca, Hidalgo, México, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

**Altitud**

1700-2700 msnm

**Nombres comunes**

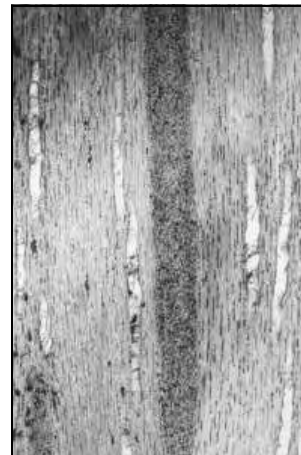
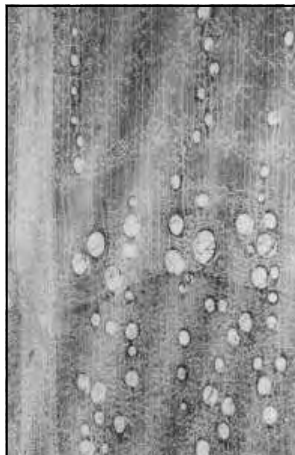
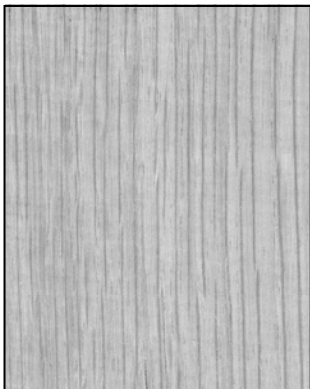
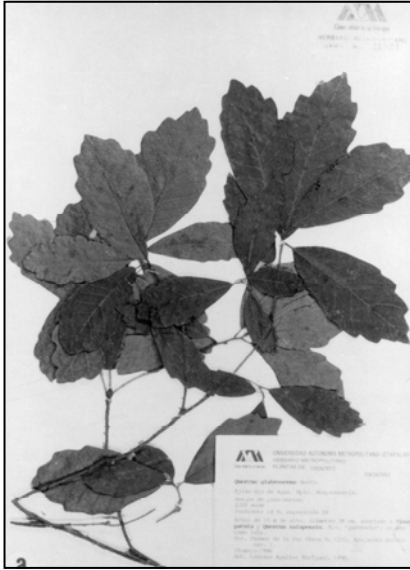
Encino, encino blanco, quebracho.

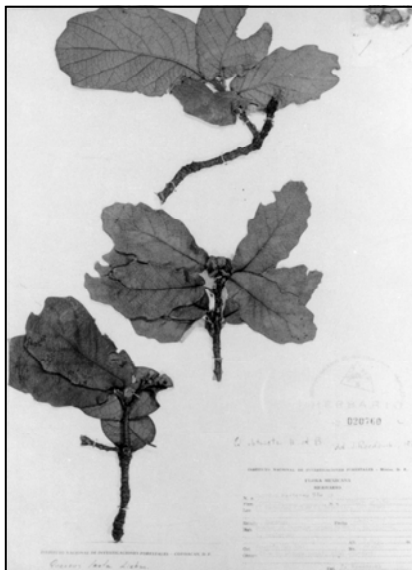
**Características anatómicas**

Madera blanca a castaño muy pálido con radios multiseriados castaño claro. Porosidad anular. Anillos de 2 a 6 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados muy altos y muy anchos a extremadamente anchos, la mayoría de 15 a 29 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared mediana a gruesa. Vasos con abundantes tílides.

**Características físicas y mecánicas**

Madera pesada, de contracciones muy altas, dura a muy dura, rígida, resistente a muy resistente a la compresión paralela, a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.





20. *Quercus laeta* Liebm.

**Distribución**

Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Sinaloa, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Oaxaca, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Distrito Federal, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

**Altitud**

1800-2800 msnm

**Nombres comunes**

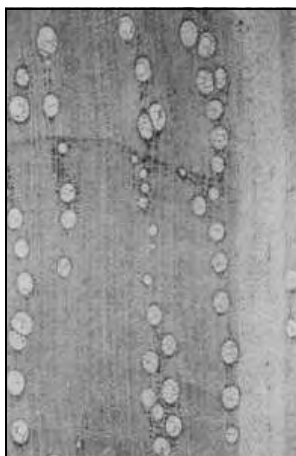
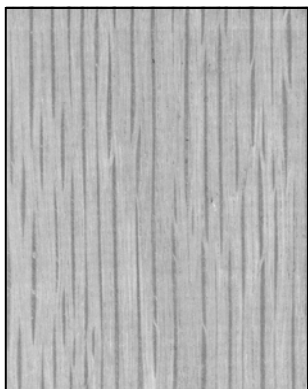
Encino prieto.

**Características de la madera**

Albura castaño muy pálido y duramen amarillo con radios multiseriados castaño grisáceo. Porosidad difusa. Anillos de crecimiento de 5 a 6 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados muy altos y extremadamente anchos, la mayoría de 31 series. Fibras largas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con abundantes tílides y parénquima con abundantes cristales romboidales.

**Características físicas y mecánicas**

Madera muy pesada, de contracciones muy altas, muy dura, rígida, resistente a muy resistente a la compresión paralela, resistente a la compresión perpendicular y muy resistente al cortante paralelo.





21. *Quercus obtusata* Humb. & Bonpl.

**Distribución**

Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Distrito Federal, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

**Altitud**

1650-2700 msnm

**Nombres comunes**

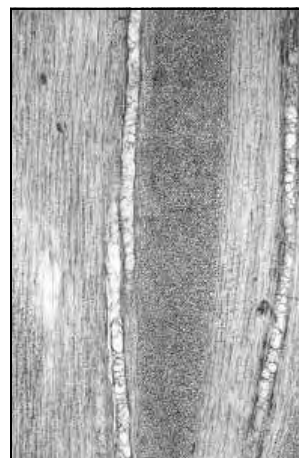
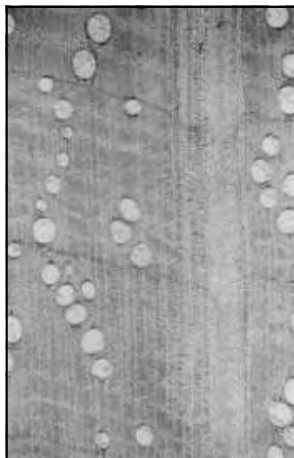
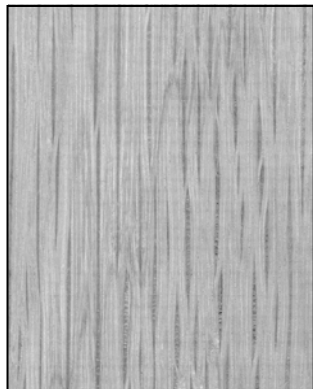
Encino, encino blanco, encino negro, encino avellano, encino prieto, encino calichahuac, casahuicahuatl.

**Características anatómicas**

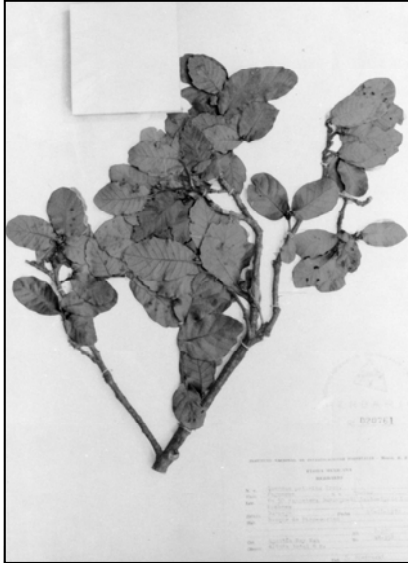
Albura castaño muy pálido y duramen amarillo con radios multiseriados castaño grisáceo. Porosidad difusa. Anillos de crecimiento de 2 a 3 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados muy altos y extremadamente anchos, la mayoría de 44 a 51 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con abundantes tílides y parénquima con abundantes cristales romboidales.

**Características físicas y mecánicas**

Madera muy pesada, de contracciones muy altas, muy dura, muy rígida, muy resistente a la compresión paralela, a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.



22. *Quercus potosina* Trel.



**Distribución**

Chihuahua, Sinaloa, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Aguascalientes, Guanajuato, Hidalgo, México y Veracruz.

**Altitud**

2000-2400 msnm

**Nombres comunes**

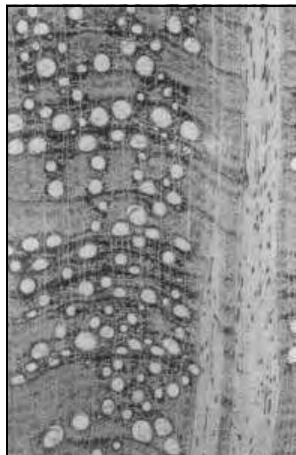
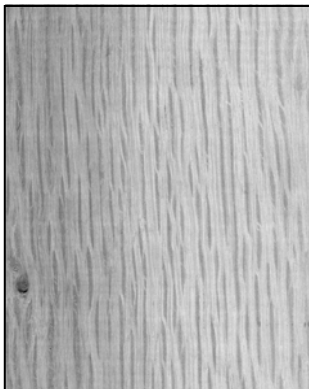
Encino.

**Características de la madera**

Albura castaño muy pálido y duramen amarillo con radios multiseriados castaño grisáceo. Porosidad semi anular. Anillos de crecimiento de 1 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados extremadamente altos y extremadamente anchos, la mayoría de 41 series. Fibras medianas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con abundantes tílides y parénquima con abundantes cristales romboidales.

**Características físicas y mecánicas**

Madera muy pesada, de contracciones muy altas, muy dura, muy rígida, muy resistente a la compresión paralela, a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.





23. *Quercus resinosa* Liebm.

**Distribución**

Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Aguascalientes, Guanajuato y México.

**Altitud**

800-2300 msnm

**Nombres comunes**

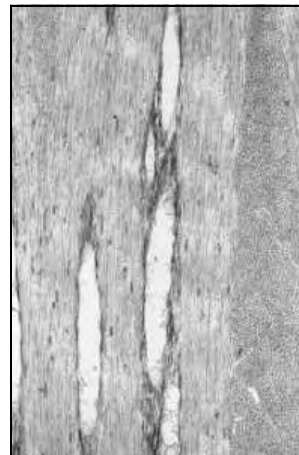
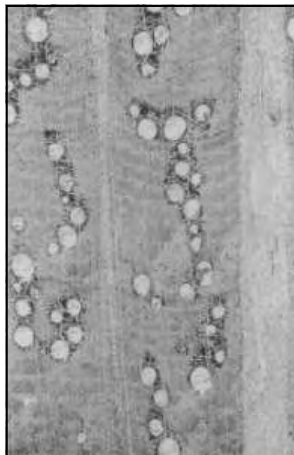
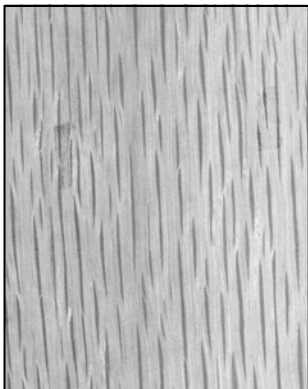
Encino roble, roble, encino blanco.

**Características de la madera**

Albura castaño muy pálido y duramen castaño con radios multiseriados castaño oscuro. Porosidad difusa. Anillos de crecimiento de 2 a 3 mm. Vasos medianos. Radios multiseriados altos y extremadamente anchos, la mayoría de 27 series. Fibras largas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con abundantes tílides y parénquima con abundantes cristales romboidales.

**Características físicas y mecánicas**

Madera muy pesada, de contracciones altas, muy dura, muy rígida, resistente a la compresión paralela, a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.





#### 24. *Quercus rugosa* Née

##### Distribución

Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Distrito Federal, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

##### Altitud

1800-3000 msnm

##### Nombres comunes

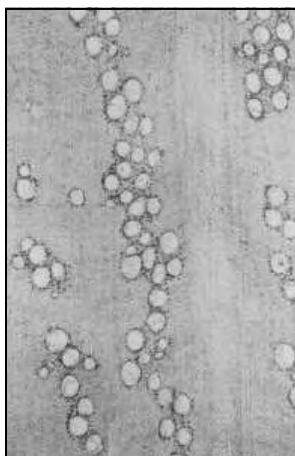
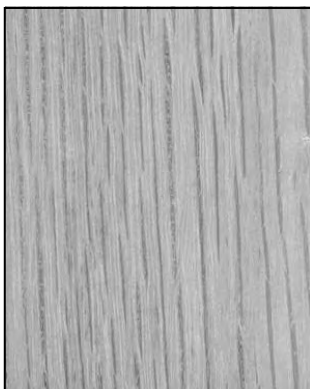
Encino, encino cuero, encino blanco, encino avellano, encino tocúz, encino quebracho, encino hojarasca, encino negro, encino roble.

##### Características anatómicas

Albura castaño pálido y duramen amarillo con radios multiseriados castaño oscuro. Porosidad difusa. Anillos de crecimiento de 1 mm. Vasos medianos. Los radios multiseriados muy altos y extremadamente anchos la mayoría de 27 series. Fibras largas, de diámetro fino y pared gruesa. Vasos con abundantes tílides y parénquima con abundantes cristales romboidales.

##### Características físicas y mecánicas

Madera pesada, de contracciones altas, dura a muy dura, rígida, resistente a la compresión paralela, a la compresión perpendicular y al cortante paralelo.



## Otras características tecnológicas de la madera de encino

### *Encinos rojos*

La madera de los encinos rojos presenta dificultad en el secado, el cual debe hacerse lentamente para evitar contracciones y rajaduras; tiene durabilidad natural de baja a mediana, pero se impregna fácilmente, a excepción de las especies que forman tílides. Presenta buenas características de maquinado. Ofrece condiciones adecuadas para el clavado y atornillado, tiene propiedades favorables al cepillado, barrenado, esculpado y moldurado y se tornea fácilmente. Soporta la unión entre piezas sin dificultad y el lijado y acabado se realizan sin problemas. Es una madera de excelente resistencia mecánica, con alta resistencia al impacto.

### *Encinos blancos*

La madera de los encinos blancos presenta gran cantidad de cristales romboidales de oxalato de calcio que dificultan su aserrío, más que en los encinos rojos que no presentan estos contenidos. Por las características de los radios multiseriados y por las características de peso y dureza, es una madera que presenta grandes contracciones en su secado, con alta tendencia a rajarse. Su secado debe hacerse lentamente para evitar las rajaduras. El duramen es altamente resistente a la pudrición, más que el de los encinos rojos. Los poros del duramen están llenos de tílides por lo que es muy poco permeable y difícil de impregnar; únicamente las especies que no forman tílides, como *Q. resinosa*, se impregnan fácilmente. Presenta buenas características de maquinado, pero tiende a rajarse en el clavado. Ofrece condiciones adecuadas para el cepillado y moldurado. Tiene excepcionales propiedades de resistencia mecánica. Es una madera con alta resistencia al impacto.

## DISCUSIÓN

### Características comunes de las especies del género *Quercus*

#### *Macroscópicas*

La madera de las especies de encinos mexicanos, no tiene olor ni sabor característico, su brillo es alto, el veteado es pronunciado, la textura es gruesa y el hilo es recto. Sus elementos constitutivos son fácilmente visibles a simple vista, sobre todo los radios multiseriados, que es la característica más distintiva de la madera de los encinos. En las caras longitudinales: tangenciales y radiales, son más oscuros que el resto de la madera y en las caras transversales son más claros. En las caras tangenciales se ven como líneas y en las caras radiales como bandas. Los anillos de crecimiento están marcados por una banda delgada de fibras. En las especies que presentan porosidad anular, los anillos de crecimiento se marcan por una banda de poros de la madera temprana.

#### *Microscópicas*

**Vasos.** La madera presenta porosidad anular o difusa, los poros son solitarios (vasos en corte transversal), poco numerosos, de diámetro tangencial mediano y pared gruesa, en la madera tardía se arreglan en hileras radiales. Los elementos de vaso son de longitud mediana, con placas perforadas simples, de paredes terminales oblicuas y puntuaciones areoladas alternas de forma oval. Las puntuaciones vaso-rayo son simples con arreglo vertical. En las especies que presentan porosidad anular, los poros de la madera temprana son visibles a simple vista, forman una banda de dos a cuatro poros de ancho. Los vasos de la madera temprana son grandes y los de la madera tardía son pequeños. La transición de la madera temprana a la tardía es abrupta.



**Traqueidas vasicéntricas.** Su presencia es abundante y se arreglan de una a varias capas alrededor de los vasos y mezcladas con el parénquima.

**Parénquima.** El parénquima es poco visible a simple vista. Es abundante, de varios tipos: paratraqueal escaso, mezclado con traqueidas vasicéntricas, apotraqueal difuso, reticulado y en bandas finas más o menos regulares y marginal. Cuando se presenta porosidad anular, el parénquima es más abundante en la madera tardía.

**Radios.** El parénquima radial es de dos tipos: radios uniseriados y radios multiseriados, homogéneos, formados de células procumbentes, no estratificados. Los uniseriados no son visibles a simple vista, son numerosos. Los multiseriados son poco numerosos y agregados, separados por fibras. Ambos tipos de radios presentan células parenquimatosas de dos tamaños; en los uniseriados están mezcladas y en los multiseriados las más pequeñas se arreglan cerca de los márgenes o en la parte central del radio.

**Fibras.** Son de dos tipos: libriforme y fibrotraqueidas, abundantes, de longitud mediana, de pared gruesa y de lumen fino.

**Tecnológicas.** El coeficiente de anisotropía es muy alto; su resistencia al cortante paralelo a la fibra es de alta a muy alta (resistente a muy resistente).

### **Características distintivas de las especies del género *Quercus***

#### *Encinos rojos*

**Generales.** Su albura es de color blanco a rosa y a castaño rojizo claro, el duramen varía de rosa a castaño rojizo oscuro, gris castaño con tintes rojizos, de pesada a muy pesada (0,57 a 0,68), sus

contracciones son de altas a muy altas (17 a 22%) y varía de dura a muy dura (4570 a 9420 N). Las propiedades en flexión son de flexibles a rígidas (MOR: 40,9 a 85,2 MPa); la compresión paralela de poco resistente a muy resistente (22,0 a 44,0 MPa). La compresión perpendicular es de resistente a muy resistente (6,2 a 11,4 kg/cm<sup>2</sup>).

**Radios.** Los uniseriados de 7 a 19 células de altura, los multiseriados de 0,7 a 3,0 cm de altura, de 10 a 25 series y de 192 a 482 µm de ancho.

**Contenidos.** Los vasos del duramen generalmente sin tílides o escasas. El parénquima y los radios sin cristales o con escasos cristales de oxalato de calcio de forma romboidal. Las fibras con abundantes taninos.

#### *Encinos blancos*

**Generales.** Su albura es de color blanco a castaño claro o castaño grisáceo, el duramen de castaño claro a castaño oscuro y a castaño grisáceo, de pesada a muy pesada (0,64 a 0,76), sus contracciones son muy altas (19 a 22%) y varía de dura a muy dura (5 740 a 9 450 kg). Las propiedades en flexión son rígidas (MOR: 66,2 a 86,6 MPa); la compresión paralela de resistente a muy resistente (31,2 a 40,9 MPa). La compresión perpendicular es de resistente a muy resistente (9,1 a 16,0 MPa).

**Radios.** Los uniseriados de 12 a 19 células de altura, los multiseriados de 1,5 a 5,0 cm de altura, de 12 a 51 series y 234 a 971 µm de ancho.

**Contenidos.** Los vasos del duramen se encuentran ocluidos con abundantes tílides. El parénquima y los radios con abundantes cristales de oxalato de calcio de forma romboidal. Las fibras con taninos.

## RECOMENDACIONES

### Usos sugeridos

#### *Encinos rojos*

Por las características estéticas que le dan los diferentes tonos de color, el veteado pronunciado, la textura gruesa y la presencia de porosidad anular, es una madera recomendada ampliamente para muebles (principalmente escritorios, mesas, sillas torneadas, gabinetes de cocina), chapa, pisos, pasamanos, bancas, baúles, artículos torneados, artesanías y decoración de interiores en general. La porosidad anular proporciona hermosas superficies en corte tangencial, valiosas en ebanistería y chapa. El color es una de las características más importantes en la industria de la decoración y la madera de los encinos rojos mexicanos presenta una gran variedad de tonalidades de blanco rosáceo hasta rojo intenso. El color varía entre los encinos rojos, debido al suelo y clima. Junto con el color, el veteado (figura), el hilo recto, su dureza, y su alta resistencia al desgaste y su acabado fino hacen a la madera de encino una de las más apropiadas para pisos. El hilo recto determina la facilidad en artículos torneados, tallados y labrados. Por sus cualidades mecánicas, sobre todo su alta resistencia al impacto, se emplea para cabos y mangos de herramientas y puede ser utilizada con ventaja en usos estructurales, por su alta densidad y resistencia a la flexión. Por la facilidad de aceptar tratamientos preservadores, es apropiada para usos en durmientes, pilotes y postes de líneas de transmisión.

#### *Encinos blancos*

La información presentada en este trabajo en forma de fichas descriptivas para las diferentes especies, permitirá hacer un mejor uso de su madera. La madera de los encinos blancos debe usarse en situaciones que requieran

excepcional resistencia mecánica y alta durabilidad natural, como los usos estructurales en construcciones permanentes expuestas a alto riesgo. Si su secado es exitoso, puede emplearse en decoración de interiores. Por su dureza, alta resistencia al impacto (tenacidad) y durabilidad natural, en durmientes, postes y pilotes para minas, ruedas de vehículos de labranza, implementos agrícolas, tarimas y ataúdes. Por ser impermeable, resistente y durable, se usa en tonelería para añejamiento de licores siempre y cuando presente porosidad anular y la calidad de los taninos imprima un sabor agradable al añejado.

La madera de las diferentes especies que pertenecen a una sección: (Subgéneros *Erythrobalanus* y *Leucobalanus*), no puede separarse fácilmente entre ellas usando únicamente sus características anatómicas. Por las características tecnológicas diferentes que presentan las especies de ambas secciones, deben separarse en los procesos de transformación ya que al mezclarse especies de los diferentes grupos, los blancos son los más expuestos a la generación de defectos y por lo tanto se produce un alto desperdicio. Se sugiere agrupar las especies por subgénero y separar las que presentan características problemáticas para su transformación, de acuerdo a los diferentes usos, es decir, separar para su procesamiento, aquellas con valores en los extremos de la distribución estadística, según las tablas de resultados aquí presentadas, por no aplicar para ellas, las técnicas comunes ni tener la maquinaria adecuada para su manejo. Es recomendable que estas últimas no se corten y se dejen en el bosque donde tienen funciones importantes en la conservación del suelo, en el ciclo del agua y la interacción con múltiples organismos.

## Anexo 1. Especies estudiadas y sitios de recolección.

Xiloteca	especie	sitio de recolección	xiloteca	especie	sitio de recolección
<b>ENCINOS ROJOS</b>					
X-457	<i>Q. acutifolia</i>	Zapotitlán, Jal	X-421	<i>Q. acutifolia</i>	Atoyac de Álvarez, Gro
M-66	<i>Q. affinis</i>	Chignahuapan, Pue	M-94	<i>Q. affinis</i>	Chignahuapan, Pue
X-374	<i>Q. candicans</i>	San Dimas, Dgo	M-62	<i>Q. candicans</i>	Cd. Guzmán, Jal
X-406	<i>Q. candicans</i>	Coalcomán, Mich	X-506	<i>Q. candicans</i>	Villa Madero, Mich
X-212	<i>Q. candicans</i>	Leonardo Bravo, Gro	M-50	<i>Q. castanea</i>	Cd. Guzmán, Jal
M-64	<i>Q. castanea</i>	Cd. Guzmán, Jal	X-507	<i>Q. castanea</i>	Villa Madero, Mich
M-74	<i>Q. castanea</i>	Tianguismanalco, Pue	X-379	<i>Q. coccolobifolia</i>	Pueblo Nuevo, Dgo
X-213	<i>Q. conspersa</i>	Leonardo Bravo, Gro	X-373	<i>Q. crassifolia</i>	San Dimas, Dgo
M-70	<i>Q. crassifolia</i>	Mazamitla, Jal	X-405	<i>Q. crassifolia</i>	Coalcomán, Mich
M-69	<i>Q. crassifolia</i>	Chignahuapan, Pue	M-91	<i>Q. crassifolia</i>	Huayacocotla, Ver
X-443	<i>Q. crispipilis</i>	Teopisca, Chis	X-376	<i>Q. durifolia</i>	Pueblo Nuevo, Dgo
M-99	<i>Q. eugeniaefolia</i>	Huayacocotla, Ver	M-63	<i>Q. laurina</i>	Cd. Guzmán, Jal
X-407	<i>Q. laurina</i>	Coalcomán, Mich	X-215	<i>Q. laurina</i>	Leonardo Bravo, Gro
M-68	<i>Q. laurina</i>	Chignahuapan, Pue	M-92	<i>Q. laurina</i>	Huayacocotla, Ver
M-101	<i>Q. mexicana</i>	Huayacocotla, Ver	X-404	<i>Q. scytophylla</i>	Aguililla, Mich
X-322	<i>Q. sideroxylo</i>	San Dimas, Dgo	X-551	<i>Q. sideroxylo</i>	Pueblo Nuevo, Dgo
X-540	<i>Q. skinneri</i>	Ocosingo, Chis	X-450	<i>Q. uxoris</i>	Zapotitlán, Jal
M-97	<i>Q. uxoris</i>	Huayacocotla, Ver			
<b>ENCINOS BLANCOS</b>					
X-318	<i>Q. convallata</i>	San Dimas, Dgo	X-454	<i>Q. excelsa</i>	Zapotitlán, Jal
M-67	<i>Q. glabrescens</i>	Chignahuapan, Pue	M-93	<i>Q. glabrescens</i>	Chignahuapan, Pue
M-96	<i>Q. glabrescens</i>	Huayacocotla, Ver	M-98	<i>Q. glabrescens</i>	Huayacocotla, Ver
X-375	<i>Q. laeta</i>	San Dimas, Dgo	X-403	<i>Q. obtusata</i>	Coalcomán, Mich
X-505	<i>Q. obtusata</i>	Villa Madero, Mich	X-377	<i>Q. potosina</i>	Durango, Dgo
X-508	<i>Q. resinosa</i>	Villa Madero, Mich	X-444	<i>Q. rugosa</i>	Teopisca, Chis

M= Xiloteca UAMIZ X= Xiloteca INIFAP

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la ayuda en la realización de este trabajo de manera muy especial a la excelente taxónoma y gran amiga Biól. María de Lourdes Aguilar Enríquez por su apoyo en la identificación de las especies, al Maestro Jorge Lodigiani y al Biól. Exp. Jesús Rivera su gran colaboración en el procesado del material fotográfico.

## REFERENCIAS

- Aguilar, M. L., C. de la Paz Pérez O. y E. Guerrero C. 1999. Árboles y arbustos del género *Quercus*, especies y distribución. IV Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango, Durango, Dgo.
- American Society for Testing of Materials. 1993. Standard methods of testing small clear specimens of timber. ASTM Standard D-143-83. Philadelphia. PA.
- Bárceñas P., G. M., J. R. Aguirre R., G. Álvarez F., B. I. Juárez y L. Yáñez E. 2007. Evaluación sensorial del mezcal potosino madurado con madera de encino de Sierra de Álvarez, SLP. VIII Congreso Mexicano de Recursos Forestales, 28-31 octubre. Morelia, Mich.
- Bejar, G. 1982. Aserrío de la madera de encino. Boletín Técnico del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales núm. 69. 33 p.
- Chattaway, M. 1932. Proposed standards for numerical values used in describing woods. *Tropical Woods* 9:20-28.
- Chattaway, M. 1955. Crystals in woody tissues I. *Tropical Woods* 102:55-74.
- Chattaway, M. 1956. Crystals in woody tissues II. *Tropical Woods* 104:100-124.
- Dávalos, R. y G. Bárceñas. 1998. Clasificación de las propiedades mecánicas en condición verde. *Madera y Bosques* 4(2):81-86.
- Dávalos, R., P. Zárate y C. de la Paz Pérez O. 2001. Tablas de clasificación de algunas propiedades mecánicas de maderas mexicanas en condición verde. *Madera y Bosques* 7(1):71-78.
- De la Paz Pérez O., C. y L. Aguilar. 1978. Diferencias morfológicas externas y anatómicas de la madera de los encinos blancos y rojos. Boletín Técnico del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales núm. 59. 19 p.
- De la Paz Pérez O., C. 1985. Variación de la estructura anatómica de los encinos y su efecto en el aprovechamiento de los mismos. II Seminario Nacional Sobre Utilización de Encinos. Publicación Especial del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales núm. 49:291-312.
- 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. Universidad Nacional Autónoma de México. 267 p.
- De la Paz Pérez O., C., S. Vélez J. y J. Ceja Romero. 2006. Anatomía de la madera de ocho especies de *Quercus* (Fagaceae) de Oaxaca, México. *Madera y Bosques* 12(1):63-94.
- Desch, H. E. 1974. Timber, its structure and properties. MacMillan. 424 p.

- Dinwoodie, J. H. 1975. Timber, a review of the structure, mechanical properties, relationships. *I.104(1):3-32.*
- Echenique, R., J. Barajas, L. Pinzón y V. Pérez. 1975. Estudio botánico y ecológico de la región del río Uxpapapa, Ver. 1. Características tecnológicas de la madera de 10 especies. INIREB. 66 p.
- IAWA Committee. 1937. Standard terms of length of vessel members and wood fibers. *Tropical Woods 51:21-22.*
- IAWA Committee. 1939. Standard terms of size for vessel diameter and ray width. *Tropical Woods 59:51-52.*
- IAWA Committee. 1964. Multilingual glossary of terms used in wood anatomy. Committee on Nomenclature IAWA. Suiza. 186 p.
- IAWA Committee. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin n.s. 10(3):219-332.*
- Jane, J. W. 1970. The structure of wood. Adam & Charles Black, Londres. 478 p.
- Johansen, D. A. 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill, Nueva York. 523 p.
- Kollman, F. P. y W. A. Coté, Jr. 1968. Principles of wood science and technology I. Solid Wood. Springer-Verlag, Nueva York. 560 p.
- Kribs, D. A. 1968. Commercial foreign woods on the american market. Dover Pub., Nueva York. 241 p.
- Kukachka, F. B. 1956. Wood... colors and kinds. Agricultural Handbook No. 101. United States Department of Agriculture. Forest Service. 36 p.
- Martínez C., J. L. y E. Martínez-Pinillos. 1996. Características de maquinado de 32 especies de madera. *Madera y Bosques 2(1):45-61.*
- Martínez-Pinillos, E. y J. L. Martínez C. 1996. Características de cepillado y lijado de 33 especies de madera. *Madera y Bosques 2(2):11-27.*
- Martínez, M. 1985. Los encinos de México. Comisión Forestal. Serie: Técnica Manejo No. 8. Michoacán, México. 358 p.
- McVaugh, R. 1974. Flora novo-galiciana. *Contr. Univ. Michigan Herb. 12:1-93.*
- Munsell Color. 1990. Munsell soil color charts. Baltimore, Maryland. 17 p.
- Nixon, K. C. 1993. The genus *Quercus* in Mexico. *In: T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fay (Eds.). Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution, pp. 447-458, Oxford University Press. Nueva York.*
- Ordóñez C., V. R., A. Quiroz S. y R. P. Zárate M. 1998. Propiedades mecánicas de laminados estructurales con madera de encino. *Madera y Bosques 4(2):95-104.*
- Panshin, A. J. y C. de Zeeuw. 1970. Textbook of wood technology. I. McGraw-Hill, Nueva York. 705 p.
- Rendle, B. J. 1969a. World timbers. 1. Europe & Africa. Ernest Benn Limited-University of Toronto Press. 191 p.
- Rendle, B. J. 1969b. World timbers. 2. North & South America. Ernest Benn Limited-University of Toronto Press. 150 p.
- Rendle, B. J. 1970. World timbers. 3. Asia & Australia & New Zealand. Ernest

- Benn Limited-University of Toronto Press. 175 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, D. F. 482 p.
- Sandoval Z., E. 2005. Técnicas aplicadas al estudio de la anatomía vegetal. Cuadernos del Instituto de Biología núm. 38. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 281 p.
- Torelli, J. 1982. Estudio promocional de 43 especies forestales tropicales mexicanas. SARH-INIF. México. 73 p.
- Tortorelli, L. 1956. Maderas y bosques argentinos. ACME. Buenos Aires. 910 p.
- Trelease, W. 1924. The american oaks. Mem. National Academy Science 20:1-238.
- Wangaard, F. F. 1981. Wood: its structure and properties. I. Forest Products Laboratory, EUA. 465 p.
- Zavala, D. 2003. Efecto del sistema de aserrío tradicional en las características de la madera de encinos. Madera y Bosques 9(2):29-39.
- Zavala, F. 1995. Encinos y robles. Notas fitogeográficas. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. 44 p.

Manuscrito recibido el 5 de septiembre del 2007

Aceptado el 14 de marzo del 2008

Este documento se debe citar como:

De la Paz Pérez-Olvera, C. y R. Dávalos-Sotelo. 2008. Algunas características anatómicas y tecnológicas de la madera de 24 especies de *Quercus* (encinos) de México. Madera y Bosques 14(3):43-80.