

Contenido de sustancias extraíbles en la madera de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. (*Leguminosae*)

*D. Ramos-Pantaleón*¹, *L. E. A. Ávila-Calderón*², *H. G. Ochoa-Ruiz*³, *J. G. Rutiaga-Quiñones*⁴

¹Tesista de Maestría, Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera (FITECMA). UMSNH; ²FITECMA. UMSNH;

³Asesor de tesis, Departamento de Madera, Celulosa y Papel "Ing. Augustin Karl Grellmann". Universidad de Guadalajara;

⁴Director de tesis, FITECMA. UMSNH.

Resumen

Para este estudio se usaron muestras de madera de la especie *Enterolobium cyclocarpum* (Parota) del estado de Michoacán, México. Las muestras se tomaron a tres diferentes alturas del árbol (baja, media y alta) y se separaron en: duramen, zona de transición y albura. Para determinar el contenido de sustancias extraíbles en la madera se llevó a cabo una extracción sucesiva en un equipo Soxhlet con solventes de polaridad creciente (hexano, cloroformo, acetona y etanol-agua 1:1). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el contenido total de sustancias extraíbles, entre la altura y el tipo de madera (duramen, zona de transición y albura), así como en el tipo de solvente. Se encontró el siguiente rango en el contenido total de extraíbles: 14.20% en albura de la parte media y 24.50% en la zona de transición de la parte baja del árbol. La mayor solubilidad de la madera fue en acetona, seguida por la mezcla de etanol-agua, hexano y finalmente en cloroformo.

Palabras clave: maderas tropicales, *Enterolobium cyclocarpum*, química de la madera, sustancias extraíbles, extracción Soxhlet.

Abstract

Wood samples obtained of *Enterolobium cyclocarpum* (Parota) tree from Michoacan State, México were used for this study. Wood samples were taken at three different heights (low section, medium section, and high section) and separated into wood types: heartwood, transition zone, and sapwood. To determine the content of wood extractives a successive Soxhlet extraction was carried out by solvents of increasing polarity: hexane, chloroform, acetone and ethanol-water (1:1). The important statistical differences have been found for the total content of wood extractives, between the samples from different tree heights and wood types, as well of solvent type. The following values were found for total extractives content: 14.20% for sapwood - medium section and 24.50% for transition zone - low section. The higher solubility of wood was in acetone, followed by ethanol-water mix, hexane, and then chloroform.

Keywords: tropical woods, *Enterolobium cyclocarpum*, wood chemistry, extractives, Soxhlet extraction.

Introducción

La especie *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., se encuentra ampliamente distribuida en México, tanto en la vertiente del Golfo desde el Sur de Tamaulipas hasta la Península de Yucatán, como en la vertiente del Pacífico desde Sinaloa hasta Chiapas (Pennington y Sarukhán, 1968). Es un árbol de la familia *Leguminosae* (*Mimosoideae*) que alcanza de 20 a 30 m de altura y sus nombres más comunes son los siguientes: parota, guanacaste, guanacastle, necaste (Pennington y Sarukhán, 1968; Niembro, 1990). Su madera es considerada como liviana, de contracción total baja (Corral, 1985; Benítez y Montesinos, 1998), de baja resistencia mecánica (Corral, 1985), fácil de trabajar con herramientas manuales y con máquinas; adquiere buen acabado (Benítez y Montesinos, 1998). Su duramen es moderadamente resistente al biodeterioro y al ataque de termitas de madera seca, al ataque de hongos e insectos, la albura es clasificada como no durable (Echenique y Plumtre, 1994; Benítez y Montesinos, 1998). Se ha observado que el extracto etanólico del duramen de *E. cyclocarpum* presenta actividad antifúngica contra hongos degradadores de la madera (Rutiaga *et al.*, 1995). También existen reportes del efecto antialimentario y efecto insecticida de los extractos fenólicos de esta madera contra termitas de madera seca (Raya *et al.*, 2005) y del efecto protector por su extracto acuoso en madera de pino contra termitas de madera seca (Raya *et al.*, 2007; Raya *et al.*, 2008). Las sustancias extraíbles de la madera, en general se obtienen realizando extracciones, comúnmente en equipo Soxhlet, con diferentes disolventes (Fengel y Wegener, 1884; TAPPI, 2000). El rendimiento particular por solvente empleado y el tipo de sustancias presentes en cada extracto está en función de la especie de madera. Estas sustancias extraíbles confieren el color en la madera e influyen en algunas propiedades de este material, por ejemplo, alto contenido de extraíbles puede ocasionar aumento de la densidad (Tsoumis, 1991), la disminución del punto de saturación de la fibra (Hernández, 2007a) y del contenido de humedad en equilibrio (Torelli *et al.*, 2006), ade-

más se reporta que las sustancias extraíbles solubles en acetona incrementan la estabilidad dimensional de la madera, mientras los extraíbles solubles en metanol y ciclohexano tienen efecto mínimo en esta propiedad (Hernández, 2007b). En el presente trabajo el objetivo fue determinar el contenido total de sustancias extraíbles de esta madera, mediante extracción sucesiva Soxhlet con disolventes de polaridad creciente, para posteriormente realizar el análisis de dichas sustancias.

Materiales y Métodos

Colecta y habilitación del material

El material utilizado para la presente investigación se obtuvo de un árbol de la especie de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., recolectado en la localidad de "Las Lajas" Municipio de Arteaga, Michoacán, México, cuya ubicación geográfica es Latitud 18° 21' N y Longitud 102° 17' O, a una altitud de 820 msnm, con rango de precipitación de 400 a 1200 mm y temperatura de 18 a 30 °C, con clima cálido subhúmedo (INEGI, 2011). La altura total del árbol fue de 16.0 m, con fuste comercial de 5.0 m. Del fuste se tomaron tres rodajas de 20 cm de espesor cada una: la primera a 0.30 m del suelo (parte "baja"), la segunda a 1.30 m (parte "media") y la tercera a 4.80 m (parte "alta"). De cada rodaja se tomaron muestras representativas del duramen, de la zona de transición y de la albura. Cada una de estas muestras fue reducida a astillas y posteriormente molida en un equipo Wiley y finalmente tamizada, obteniendo la malla 40 usada en el análisis.

Extracción Soxhlet

Para evaluar estadísticamente el efecto de la altura y zona de toma de las muestras de madera sobre el contenido total de sustancias extraíbles (mediante extracción sucesiva Soxhlet), se realizó un diseño factorial 3x3 (Montgomery, 1991) con una réplica, aleatorizando el orden de realización de cada una de las 18 extracciones sucesivas (Tabla 1) y se aplicó la prueba de rangos múltiples de la mínima diferencia significativa (LSD, por sus siglas en el idioma inglés) (Montgomery, 1991). El nivel de confianza estadística con que se analizaron los datos fue 95% usando el programa "Statgraphic Plus 4.0". Los factores y niveles fueron los siguientes:

Factor A = altura (baja, media y alta)

Factor B = zona de muestreo (duramen, zona de transición y albura)

Antes de llevar el proceso de extracción, se determinó el por ciento de humedad del material por el proceso de deshidratación (TAPPI, 2000) y los resultados presentados son con base en el peso seco. Para la extracción Soxhlet de la harina de madera (durante 5 ho-

ras) se aplicó la siguiente secuencia sucesiva: hexano (índice de polaridad, ip = 0.1), cloroformo (ip = 4.1), acetona (ip = 5.1) y finalmente bajo reflujo con una mezcla de etanol-agua en relación 1:1 (ip = 7.25). Cada disolvente fue recuperado en rotavapor a vacío. El extracto se colocó en desecador y se pesó en una balanza analítica.

También se analizó estadísticamente el rendimiento particular de cada solvente usado y se obtuvo la gráfica de medias y se aplicó la prueba de rangos múltiples.

TABLA 1
Matriz de diseño para la extracción sucesiva.

Extracción	Altura	Zona
1	Media	Transición
2	Alta	Albura
3	Media	Duramen
4	Alta	Albura
5	Baja	Albura
6	Baja	Transición
7	Alta	Transición
8	Media	Duramen
9	Media	Albura
10	Alta	Duramen
11	Baja	Transición
12	Baja	Albura
13	Baja	Duramen
14	Media	Albura
15	Baja	Duramen
16	Alta	Transición
17	Media	Transición
18	Alta	Duramen

Resultados y Discusión

Contenido total de sustancias extraíbles

El análisis de varianza (Anova) para la cantidad total de sustancias extraíbles indica que los niveles de significancia calculados para la altura y zona fueron menores al nivel de significancia fijado de 0.05, por lo tanto se concluye que existe diferencia estadísticamente significativa en la cantidad de extractos. Para el caso de altura, la diferencia se observa gráficamente en la Figura 1 y queda corroborada mediante el resultado de la prueba de rangos múltiples presentado en la Tabla 2.

Gráfico de Medias con Método LSD

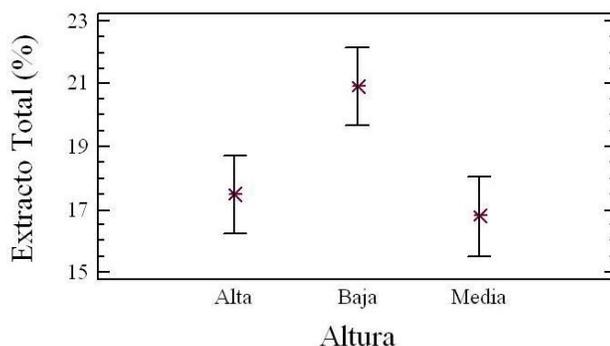


Figura 1. Contenido total de sustancias extraíbles en altura (%).

Los valores obtenidos para la parte alta (17.5%) y para la parte media (16.8%) son estadísticamente iguales, como lo indica la prueba de rangos múltiples, pero estos dos valores son estadísticamente diferentes comparados al obtenido en la parte baja (20.9%) del árbol

Prueba de Rangos Múltiple para Extracto Total por Altura

Método: LSD 95.0 %			
Altura	Cantidad	Media LS	Grupos Homogéneos
Media	6	16.7833	X
Alta	6	17.5	X
Baja	6	20.9167	X

Contraste	Diferencia	+/- Límites
Alta - Baja	*-3.41667	2.49142
Alta - Media	0.716667	2.49142
Baja - Media	*4.13333	2.49142

* denota diferencia estadística significativa.

TABLA 2. Prueba de rangos múltiples para el extracto total por altura.

(Tabla 2). Este hecho coincide con investigaciones previas en diferentes maderas donde se reporta que la mayor cantidad de sustancias extraíbles se concentra en el tocón y parte baja del árbol y disminuye hacia la parte alta (Fengel, Wegener 1984; Hillis 1987; Hakkila, 1989; Carballo *et al.*, 2004).

Gráfico de Medias con Método LSD

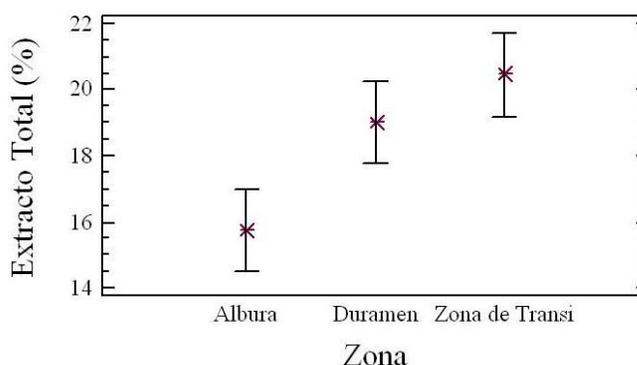


Figura 2. Contenido total de sustancias extraíbles en zona (%). (Zona de Transi = zona de transición)

Prueba de Rangos Múltiple para Extracto Total por Zona

Método: LSD 95.0 %			
Zona	Cantidad	Media LS	Grupos Homogéneos
Albura	6	15.75	X
Duramen	6	19.0	X
Zona de Transi	6	20.45	X

Contraste	Diferencia	+/-	Límites
Albura - Duramen	*-3.25		2.49142
Albura - Zona de Transi	*-4.7		2.49142
Duramen - Zona de Transi	-1.45		2.49142

* denota diferencia estadística significativa.

TABLA 3. Prueba de rangos múltiples para el extracto total por zona.

Para el caso de la zona, la cantidad promedio de sustancias extraíbles para duramen (19.0%) y para la zona de transición (20.5%) resultaron ser estadísticamente iguales (Figura 2) como lo señala la prueba de rangos múltiples, con diferencia estadísticamente significativa de estos valores comparados con el obtenido para la albura (15.8%) (Tabla 3). Este resultado muestra que la menor solubilidad de la madera fue para albura, mientras que la mayor solubilidad correspondió para la zona de transición, lo que está en concordancia con la literatura, pues en la zona de transición ocurren la mayoría de reacciones bioquímicas para producir sustancias extraíbles (Hillis, 1987) y la cantidad de estas sustancias suele ser

ligeramente mayor que en el propio duramen, además se ha encontrado que el contenido de sustancias extraíbles es menor en la albura que en el duramen en diferentes especies de madera (Browning, 1975; Fengel y Grosser, 1975; Honorato y Hernández, 1998; Rutiaga, 2001; Báez *et al.*, 2010; Herrera *et al.*, 2010).

Gráfico de Medias con Método LSD

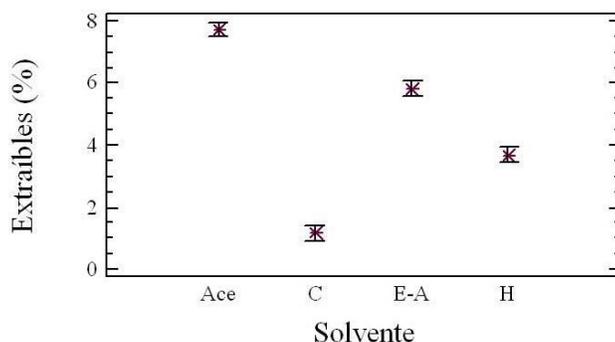


Figura 3. Contenido de sustancias extraíbles por solvente (%)

Contenido de sustancias extraíbles por disolvente

Al analizar los resultados de la extracción para cada solvente en particular, se detectaron diferencias estadísticamente significativas (Figura 3), cuyos valores promedio fluctuaron de 1.2% para ciclohexano hasta 7.7% para acetona, como lo indica la prueba de rangos múltiples (Tabla 4).

Prueba de Rangos Múltiples para Solvente

Método: LSD 95.0 %			
Solvente	Cantidad	Media LS	Grupos Homogéneos
C	18	1.17222	X
H	18	3.68333	X
E-A	18	5.81111	X
Ace	18	7.71111	X

Contraste	Diferencia	+/- Límites
Ace - C	*6.53889	0.494513
Ace - E-A	*1.9	0.494513
Ace - H	*4.02778	0.494513
C - E-A	*-4.63889	0.494513
C - H	*-2.51111	0.494513
E-A - H	*2.12778	0.494513

* denota diferencia estadística significativa.

TABLA 4. Prueba de rangos múltiples para solvente.

Figura 4. Contenido de sustancias extraíbles mediante extracción sucesiva (%).
 H = hexano; C = cloroformo;
 Ace = acetona; E-A = etanol-agua;
 D = duramen; ZT = zona de transición;
 A = albura.

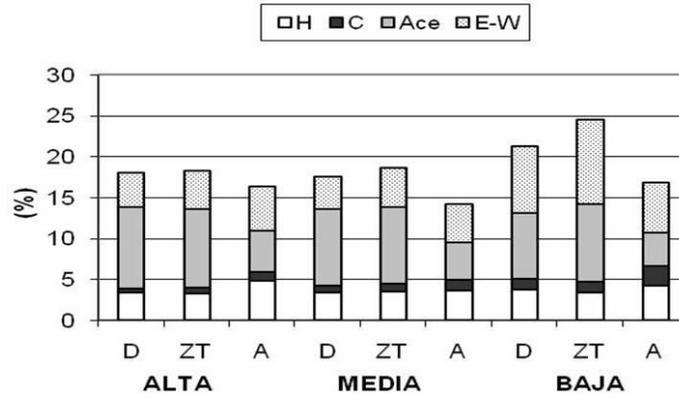


TABLA 5
 Valores promedio de la extracción sucesiva (%)

Altura/Zona	Disolvente				Total
	H	C	Ace	E-A	
ALTA					
D	3.35 ± 0.21	0.55 ± 0.21	9.95 ± 0.07	4.15 ± 0.07	18.00 ± 0.57
ZT	3.20 ± 0.0	0.75 ± 0.07	9.65 ± 0.07	4.60 ± 0.0	18.20 ± 0.14
A	4.80 ± 0.14	1.05 ± 0.21	5.10 ± 0.14	5.35 ± 0.21	16.30 ± 0.71
MEDIA					
D	3.35 ± 0.07	0.80 ± 0.14	9.40 ± 0.0	3.95 ± 0.07	17.50 ± 0.28
ZT	3.45 ± 0.07	1.05 ± 0.35	9.30 ± 0.42	4.85 ± 0.78	18.70 ± 1.63
A	3.65 ± 0.21	1.30 ± 0.57	4.50 ± 0.42	4.75 ± 0.49	14.20 ± 1.70
BAJA					
D	3.75 ± 0.92	1.30 ± 0.71	8.00 ± 2.55	8.25 ± 0.92	21.50 ± 4.81
ZT	3.40 ± 0.0	1.30 ± 0.57	9.50 ± 0.14	10.30 ± 0.28	24.50 ± 0.98
A	4.20 ± 0.0	2.45 ± 0.35	4.00 ± 0.85	6.10 ± 0.28	16.80 ± 1.48

H = hexano; C = cloroformo; Ace = acetona; E-A = etanol-agua; D = duramen;
 ZT = zona de transición; A = albura

Los resultados de la extracción sucesiva se presentan gráficamente en la Figura 4 y los valores particulares de rendimiento para cada solvente se muestran en la Tabla 5 (donde se incluye también la desviación estándar calculada).

En una extracción sucesiva se pueden utilizar diferentes disolventes y lo más común es emplear disolventes de polaridad creciente y buscar una separación por grupos de las sustancias extraíbles (Fengel y Wegener, 1984; Weissmann *et al.*, 1989; Rutiaga, 2001). La cantidad correspondiente de la sustancia extraída refleja el carácter polar del solvente empleado, pero una separación exacta es difícil de alcanzar (Rutiaga, 2001). Sin embargo, mediante una extracción sucesiva con disolventes de polaridad creciente puede ser conveniente, si el objetivo será realizar una caracterización posterior de las sustancias extraíbles.

Con disolventes no polares, como es el caso del hexano, se puede solubilizar la parte lipofílica de las sustancias extraíbles de la madera, que comprenden grasas, ceras y aceites (Kurth y Tokos, 1953; Fengel y Wegener, 1984) y dependiendo de la especie de madera, también se pueden encontrar ácidos grasos, ácidos resínicos, alcoholes y esteroides (Fengel y Wegener, 1984; Hafizoğlu y Holmbom, 1995).

Con cloroformo también suelen extraerse compuestos lipofílicos (Hillis, 1968) y al usar este solvente en el presente trabajo, se obtuvieron rendimientos bajos en comparación con los demás disolventes (Figura 3, Figura 4, Tabla 5). Reportes de extracciones con cloroformo son escasos, pues éste se puede sustituir por ciclohexano, diclorometano, éter de petróleo o benceno (Lewin y Goldstein, 1991; Xiao *et al.*, 2001), además por su densidad relativamente alta (1.48g/cm^3), fue difícil llevar a cabo la extracción Soxhlet, ya que el cartucho de extracción con la harina de madera tiende a flotar y provoca derrame y pérdida de material; de hecho con la experiencia aquí adquirida no se recomienda incluir este solvente en la extracción sucesiva de la madera.

Con el resultado de la extracción tanto con hexano como con cloroformo, que corresponden a sustancias lipofílicas, se observa que la mayor proporción se encontró en la albura (Tabla 5), lo que coincide con la literatura, pues este tipo de sustancias se concentran en este tejido vivo (Fengel y Wegener, 1984).

Con acetona, disolvente de polaridad media, suelen extraerse la mayor parte de las sustancias extraíbles de la madera, sobre todo materias colorantes y sustancias polifenólicas (NTRI, 1979; Fengel y Wegener, 1984; Lewin y Goldstein, 1991); es un disolvente que frecuentemente se incluye en la extracción sucesiva de la madera (Rutiaga, 2001; Mejía y Rutiaga, 2008; Téllez *et al.*, 2010; Báez *et al.*, 2010; Herrera *et al.*, 2010). En las muestras de *E. cyclocarpum* aquí estudiadas el mayor rendimiento se obtuvo con dicho disolvente (Tabla 4, Figura 4, Tabla 5) y es conocido que las sustancias solubles en acetona incrementan la estabilidad dimensional de la madera (Hernández, 2007a), lo que pudiera explicar su estabilidad dimensional, ya que es una madera considerada de contracción total baja (Corral, 1985; Benítez y Montesinos, 1998).

La mezcla etanol-agua ha sido utilizada para extraer taninos (NTRI, 1979; Ochoa *et al.*, 1995). Con etanol se solubilizan de la madera sustancias colorantes y con agua se pueden extraer carbohidratos y algunas sales inorgánicas (Fengel y Wegener, 1984).

En los resultados obtenidos se puede observar que la mayor proporción de sustancias extraíbles presentes en la madera de *E. cyclocarpum* corresponde a compuestos solubles en acetona y etanol-agua, concentradas principalmente en el duramen y en la zona de transición (Figura 4, Tabla 5). Esta alta proporción de sustancias de tipo polifenoles solubles en los disolventes señalados, pudiera explicar la resistencia al biodeterioro que presenta el duramen de esta especie de madera (Echenique y Plumptre, 1994; Benítez y Montesinos, 1998), la actividad antifúngica de sus extractos (Rutiaga *et al.*, 1995) y el efecto contra termitas de madera seca (Raya *et al.*, 2007; Raya *et al.*, 2008), pues es conocido que este tipo de sustancias confieren alta durabilidad natural a la madera (Rutiaga, 2001; Velásquez *et al.*, 2006).

Conclusiones

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el contenido total de sustancias extraíbles entre la altura del árbol y la zona de toma de las muestras de madera. Con respecto a la altura, la mayor proporción de extraíbles se encontró en la parte baja del árbol y con respecto a la zona, la mayor cantidad de extraíbles se encontró en la zona de transición. El contenido total de sustancias extraíbles varió de 14.20% (albura, parte media) a 24.50% (zona de transición, parte baja). En promedio, la mayor solubilidad de la madera correspondió a la acetona, lo pudiera explicar la baja contracción total que dicha madera presenta. El duramen de *E. cyclocarpum* es rico en sustancias solubles en solventes de polaridad media y alta, lo que pudiera explicar su resistencia al biodeterioro. No se recomienda utilizar cloroforno para la extracción de sustancias extraíbles de la madera, pues por su relativamente alta densidad se dificulta llevar a cabo la extracción Soxhlet.

Agradecimientos

Se agradece a la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo el apoyo al Proyecto CIC-JGRQ-21.3, dentro del cual se realizó este trabajo.

Bibliografía

Báez-Teresa, M. I.; Pedraza-Bucio, F. E.; Rutiaga-Quñones, J. G. (2010). Análisis químico básico preliminar de la madera de mango. Memorias del XXXI Encuentro Nacional de la AMIDIQ. Huatulco, Guerrero, México. pp 1064-1065.

- Benítez-Ramos, R. F.; Montesinos-Lagos, J. L. (1988). Catálogo de cien especies forestales de Honduras: Distribución Propiedades y Usos. Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR). Siguatepeque, Honduras 9-10 p.
- Browning, B. L. (Ed.). (1975). The chemistry of wood. Robert E. Krieger Publishing Co. New York.
- Carballo-Abreu, L. R.; Orea-Igarza, U.; Cordero-Machado, E. 2004. Composición química de tres maderas en la Provincia de Pinar del Río, Cuba a tres alturas del fuste comercial. Parte No. 1: *Corymbia citriodora*. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 10(1): 57-62.
- Corral-López, M. G. (1985). Características Anatómicas de la Madera de Once Especies Tropicales. Bol. Téc. Inst. Nac. Invest. For. No. 127. México. 68p.
- Echenique-Manrique, R.; Plumtre, R. A. (1994). Guía para el uso de Maderas de Belice y México. Universidad de Guadalajara, Consejo Británico, Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera, A. C., Universidad de Oxford. Oxford. 196 pp.
- Fengel, D.; Grosser, D. (1975). Chemische Zusammensetzung von Nadel- und Laubhoelzer. Holz als Roh- und Werkstoff 33: 32-34
- Fengel, D.; Wegener, G. (1984). Wood - chemistry, ultrastructure, reactions. Walter de Gruyter. Berlin.
- Hafizoğlu, H.; Holmbom, B. (1995). Chemical Composition of Extractives from *Abies nordmanniana*. Holz Roh Werkst. 53: 273-275.
- Hakkila, P. 1989. Utilization of residual forest biomass. Springer. Berlin.
- Hernández, R. E. (2007a). Effects of extraneous substances, wood density and interlocked grain on fiber saturation point of hardwoods. Wood Material Science and Engineering 2(1): 45-53.
- Hernández, R. E. (2007b). Moisture sorption properties of hardwoods as affected by their extraneous substances, wood density, and interlocked grain. Wood and Fiber Science 39(1): 132-145.
- Herrera-Fernández, A. C.; Pedraza-Bucio, F. E.; Barrientos-Ramírez, L.; Rutiga-Quiñones, J. G. (2010). Análisis químico básico preliminar de la madera de mamey de Santo Domingo. Memorias del XXXI Encuentro Nacional de la AMIDIQ. Huatulco, Guerrero, México. pp 1062-1063.
- Hillis, W.E. (1968). Chemical Aspects of Heartwood Formation. Wood Sci. Technol. 2: 241-259.
- Hillis, W. E. (1987). Heartwood and tree exudates. Springer. Berlin Heidelberg.
- Honorato-Salazar, J. A.; Hernández-Pérez, J. (1998). Determinación de componentes químicos de la madera de cinco especies de encino del estado de Puebla. Madera y Bosques 42(2): 79-93.

- INEGI. (2011). México en Cifras. Arteaga, Michoacán de Ocampo. Disponible en: Acceso: 12 de enero de 2011.
- Kurth, E. F.; Tokos, G. M. (1953). The Chemical Composition of Grand fir Bark. *Tappi* 36(7): 301-304.
- Lewin, M.; Goldstein, I. S. (1991). Wood Structure and Composition. *International Fiber Science and Tecnology*/11.
- Mejía-Díaz, L. A.; Rutiaga-Quiñones, J. G. (2008). Chemical Composition of *Schinus molle* L., wood and Kraft Pulping Process. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 7(2): 145-149.
- Montgomery, D. C. (1991). Diseño y análisis de experimentos. Grupo Editorial Iberoamericana. México.
- NTRI (National Timber Research Intitute). 1979. Composition of Bark – Report No. 2, Bark of *Pinus patula*. Council for Scientific and Industrial Research. Pretoria, South Africa. 11p.
- Niembro-Rocas, A. (1990). Árboles y arbustos útiles de México – Naturales e Introducidos. LIMUSA Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México.
- Ochoa-Ruiz, H. G.; Bravo-García, L. R.; Enrique-Alday, M.; Lomelí-Ramírez, M. G. (1995). Aislamiento y caracterización de extractos maderables. *Avances de Ingeniería Química* 5(2): 161-165.
- Pennington, T. D.; Sarukhán, J. (1998). Árboles Tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Texto Científico Universitario. Universidad Nacional Autónoma de México Fondo de Cultura Económica. México, D. F.
- Raya-González, D.; Rutiaga-Quiñones, J. G.; Martínez-Pacheco, M. M. (2005). Control de dos barrenadores de madera seca, *Lyctus* sp. (Coleóptera): Lyctidae) e *Incisstermes marginipennis* (Latreille), (Isóptera): Kalotermitidae), con extractos vegetales de *Melia azedarach* L., *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. y *Nerium oleander* L. *Entomología Mexicana*. Vol. 4: 721-725.
- Raya-González, D.; Rutiaga-Quiñones, J. G.; Martínez-Pacheco, M. M.; Flores-García, A., Morales-López, M. (2007). Preservación de madera de pino con extracto acuoso de duramen de *Enterolobyum cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. *Memorias del VIII Congreso Mexicano de Recursos Forestales*. Morelia, Michoacán, México. pp 1- 6.
- Raya-González, D.; Chávez-Duran, J., Urrutia-Hernández, S. E.; Castro-Ortíz, R.; Martínez-Muñoz, R.E.; Ron-Echeverría, O. A.; del Río, R. E.; Morales-López, M. E., Cajero-Juárez, M.; Martínez-Pacheco, M. M. (2008). Estudio toxicológico del extracto acuoso obtenido del duramen de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 13(3): 1-8.
- Rutiaga-Quiñones, J. G. (2001). Chemische und biologische Untersuchungen zum Verhalten dauerhafter Holzarten und ihrer Extrakte gegenueber holzabbauenden Pilzen. *Buchverlag Graefelfing*. Muenchen.

- Rutiaga-Quiñones, J. G.; Windeisen, E.; Schumacher, P. (1995). Anti fungal activity of heartwood extracts from *Dalbergia granadillo* and *Enterolobium cyclocarpum*. *Holz als Roh- und Werkstoff* 53: 308.
- TAPPI. (2000). Tappi test methods. Tappi Press. Atlanta. T 264 cm-97. Preparation of Wood for Chemical Analysis.
- Téllez-Sánchez, C.; Ochoa-Ruíz, H. G.; Sanjuán-Dueñas, R.; Rutiaga-Quiñones, J. G. (2010). Componentes químicos del duramen de *Andira inermis* (W. Wright) DC. (*Leguminosae*). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 16(1): 87-93.
- Torelli, N.; Trajković, J.; Serti, V. (2006). Influence of phenolic compounds in heartwood of Silver fir (*Abies alba* Mill.) on the equilibrium moisture content. *Holz als Roh- und Werkstoff* 64: 341-342.
- Tsoumis, G. (1991). *Science and Technology of Wood*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Velásquez, J.; Toro, M. A.; Rojas, L.; Encinas, O. (2006). Actividad antifúngica in vitro de los extractivos naturales de especies de latifoliadas de la Guayana Venezolana. *Madera y Bosques* 12(1): 51-61.
- Weissmann, G.; Kubel, H.; Lange, W. (1989). Untersuchungen zur Cancerogenitaet von Holzstaub – Die Extraktstoffe von Eichenholz (*Quercus robur* L.). *Holzforschung* 43(2): 75-82.
- Xiao, B.; Sun, X.F.; Sun, R.C. (2001). Extraction and Characterization of Lipophilic Extractives from Rice Straw. I. Chemical Composition. *Journal of Wood Chemistry and Technology* 21(4): 397-411.