



Componentes químicos

de la madera y la corteza de *Haematoxylum brasiletto* Karsten (Leguminosae)

Chemical components of the wood and bark of *Haematoxylum brasiletto* Karsten (Leguminosae)

Luz Elena A. Ávila-Calderón¹ y José Guadalupe Rutiaga-Quiñones¹

¹ Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera.
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
Michoacán, México

RESUMEN

Se realizó un análisis químico para determinar los principales componentes presentes en la madera (albura y duramen) y corteza de *Haematoxylon brasiletto* Karsten (palo de Brasil). En este estudio se determinó el contenido de cenizas y se hizo el análisis de las cenizas, las sustancias extraíbles, la holocelulosa y la lignina. Se encontró que los componentes químicos variaron como sigue: cenizas de 2,88% a 18,20%, extraíbles totales de 9,84% a 29,70%, holocelulosa de 44,82% a 66,20% y lignina de 25,37% a 31,70%. El análisis de varianza de los resultados, indicó que la cantidad de componentes químicos es diferente estadísticamente ($P < 0,01$) entre los tres tipos de material, a excepción de los extraíbles solubles en ciclohexano y la lignina.

PALABRAS CLAVE: cenizas, extraíbles, holocelulosa, lignina, palo de Brasil.

ABSTRACT

A chemical analysis was performed on the sapwood, heartwood and bark of *Haematoxylon brasiletto* Karsten (palo de brasil) to identify its main chemical components. Ash, ash analysis, extractives, holocellulose and lignin content were determined. The results ranged of 2,88% to 18,20% for ash, 9,84% to 29,70% total extractives, 44,82% to 66,20% for holocellulose and 25,37% to 31,70% for lignin. The variance analysis of the results indicated that the amount of chemical components is statistically different ($P < 0,01$) between types of wood and bark except cyclohexane extractives and lignin.

KEY WORDS: ash, extractives, holocellulose, lignin, palo de Brasil.

INTRODUCCIÓN

La especie *Haematoxylum brasiletto* Karsten pertenece a la familia *Leguminosae*, crece en las selvas bajas caducifolias y bosques deciduos entre los 100 msnm y los 1000 msnm, en terrenos abiertos de suelos someros y pedregosos y en

cañadas de suelos profundos. Se encuentra distribuido desde el Norte y centro de México (Baja California, Sonora, Chihuahua, Guerrero, Jalisco, Michoacán y Oaxaca) hasta Colombia y Venezuela, pasando por Centroamérica y el Caribe, recibe nombres comunes como Brasil, palo de Brasil, palo de tinta, palo tinto, azulillo y brasileto. Es un árbol

espinoso de 3 m a 10 m de alto con el tronco profundamente acanalado (Amstrong, 1992; Conafor, 2011).

Su madera se utiliza para muebles, artesanías, construcción de vivienda rural y leña (Olivares-Pérez *et al.*, 2011). El duramen de esta especie se utiliza en la medicina tradicional para la depresión, los trastornos renales, los dolores de muelas, para problemas cardiacos y digestivos, fiebres, infecciones de membranas mucosas y hemorragias; el extracto acuoso del duramen es reconocido como un antibiótico efectivo (Amstrong, 1992), mientras que el extracto metanólico de la corteza es inhibidor de bacterias y levaduras (Rivero, 2008). La madera y la corteza se emplean en la obtención de tintes para textiles en tonalidades rosa y rojo (Vigueras y Portillo, 2012) y para pastas dentífricas (Conafor, 2011). Los taninos del duramen de esta especie se pueden emplear en la formulación de adhesivos tanino-urea (Pedraza-Bucio y Rutiaga-Quiñones, 2011).

Las especies tropicales pueden representar un recurso muy importante para la población de las zonas donde se desarrollan. Sin embargo, la gran mayoría de estas especies son desaprovechadas o en su defecto subutilizadas, entre otras causas, por el desconocimiento de sus características químicas. Particularmente para la especie considerada en este estudio, se desconocen antecedentes de sus componentes químicos estructurales, solo se han publicado algunos aspectos químicos de sus extraíbles.

OBJETIVO

Determinar el pH, el contenido y tipo de sustancias inorgánicas, el contenido de extraíbles, de holocelulosa y de lignina en la albura, el duramen y la corteza de *Haematoxylum brasiletto* Karsten, procedente del municipio de Tacámbaro, Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta y preparación del material

Para el estudio se seleccionó un árbol *Haematoxylum brasiletto* (palo de brasil), éste fue colectado en la localidad El Copalito, municipio de Tacámbaro, Michoacán, México.

Dicha localidad se ubica al centro del Estado con coordenadas 19°14' de latitud norte y 101°28' de longitud oeste, a 1240 msnm, su clima es tropical y templado con lluvias en verano, tiene una precipitación pluvial anual de 1451,6 mm y temperaturas que oscilan entre 8,8 °C a 26,9 °C (INEGI, 2013).

Del ejemplar se tomó, a la altura de 1,3 m del tocón, una muestra de 30 cm de espesor, de la cual se obtuvieron muestras representativas de la zona del duramen, de la albura y de la corteza (Fig. 1). El material obtenido fue astillado, secado al aire y molido en un equipo Wiley. La harina obtenida se clasificó con tamices, para el análisis químico se empleó la fracción que pasó por la malla 40 (425 µm) y que fue retenida en la malla 60 (250 µm). Posteriormente se determinó el porcentaje de humedad por el método de deshidratación a 105 °C ± 3 °C de acuerdo con T 264 cm-97 (TAPPI, 2000). Las determinaciones se realizaron por duplicado.

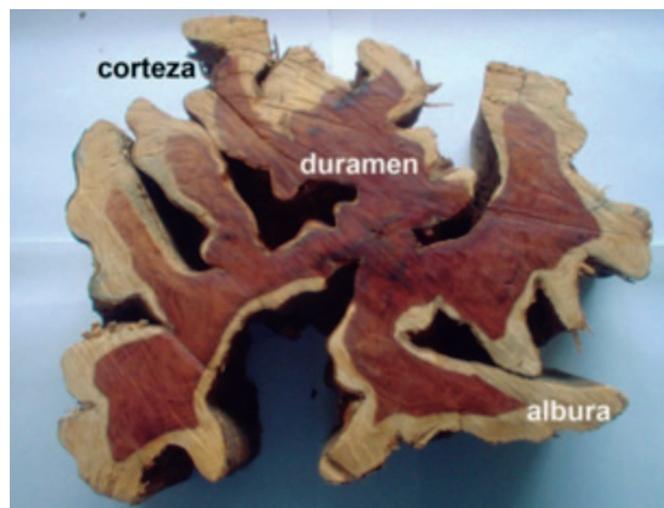


FIGURA 1. Muestra de *Haematoxylum brasiletto*.

Análisis químico

Sustancias inorgánicas. El contenido de sustancias inorgánicas se calculó gravimétricamente, después de quemar cuidadosamente la harina de madera sin extraer, para posteriormente calcinar en una mufla a 525 °C, utilizando crisoles de níquel, en apego a la norma T 211 om-93 (TAPPI, 2000).



Para la identificación de los elementos presentes en las sustancias inorgánicas se realizó su microanálisis en un espectrómetro de Rayos X, acoplado a un Microscopio Electrónico de Barrido marca Jeol modelo JSM-6400. Las condiciones de operación para los análisis fueron 20 kV y 8,5 segundos (Téllez *et al.*, 2010), obteniéndose los espectros respectivos en puntos aleatorios eliminándose el carbono y oxígeno que pudieran haber quedado como residuo de los componentes orgánicos.

Sustancias extraíbles. Para determinar la cantidad total de sustancias extraíbles en 6 g de harina de madera se aplicó una extracción sucesiva sólido-líquido en equipo Soxhlet con 200 ml de los siguientes disolventes: ciclohexano, acetona y metanol, finalmente agua caliente bajo reflujo. Los periodos de extracción fueron de cuatro horas. Los disolventes se recuperaron en un rotavapor aplicando vacío y el extracto respectivo se colocó en un desecador, con gel de sílice como agente desecante, hasta peso constante. El contenido de extraíbles para cada disolvente se calculó dividiendo el peso del extracto anhidro entre el peso de la harina anhidra referido porcentualmente. Los extraíbles totales se calcularon con la suma de los porcentajes de los extraíbles de cada disolvente. La harina de madera, después de la extracción sucesiva, se designó como harina libre de extraíbles y se empleó para determinar lignina y holocelulosa.

Holocelulosa. El contenido de holocelulosa se determinó de acuerdo con lo establecido en la norma D1104-57 (ASTM, 1981) empleando harina libre de extraíbles, la muestra se trató con hipoclorito de sodio reemplazando el gas cloro, se lavó con etanol y posteriormente con etanol-monoetanolamina, seguido de dos lavados más con etanol y con agua caliente. El tratamiento indicado anteriormente se repitió en cuatro ocasiones hasta que la adición de etanol-monoetanolamina no oscureció la muestra. La muestra se secó a 35 °C hasta alcanzar peso constante. El contenido de holocelulosa se calculó dividiendo el peso del residuo anhidro entre el peso de la harina libre de extraíbles anhidra referido porcentualmente.

Lignina. El contenido de lignina en la harina de madera libre de extraíbles se determinó de conformidad con la técnica Runkel y Wilke (1951). A un 1 g de muestra de harina de madera libre de extraíbles se le adicionaron 50 ml de ácido sulfúrico al 72% y 5 ml de ácido bromhídrico al 40%, agitándola y dejándola reposar por 2 horas. Posteriormente, se le agregaron 200 ml de agua destilada y se llevó a ebullición por 5 minutos. Finalmente, se filtró en embudos Büchner empleando papel filtro Whatman No. 40 y las muestras se lavaron en repetidas ocasiones hasta eliminar los residuos de ácido. Para finalizar se llevaron a peso constante en un horno a 103 °C. El contenido de lignina se calculó dividiendo el peso de la muestra anhidra entre el peso de la harina libre de extraíbles anhidra referido porcentualmente.

Análisis estadísticos

Los valores de los componentes químicos se procesaron mediante un análisis de varianza con un factor y tres niveles (albura, duramen y corteza) con el programa *Statistica* ver. 7.0. El valor de probabilidad (α) establecido para calificar como significativas a las diferencias encontradas en la fuente de variación fue de 0,01.

RESULTADOS

Los resultados promedio y la desviación estándar de los componentes químicos para cada uno de los materiales se presentan en la tabla 1. Junto a estos valores se incluyen letras minúsculas, éstas representan la comparación entre los tipo de madera; los valores con la misma letra indican que no existe diferencia significativa ($P < 0,01$). El resultado del microanálisis de las cenizas mediante Rayos X se presenta en la tabla 2.

DISCUSIÓN

Sustancias inorgánicas. El mayor contenido de sustancias inorgánicas o cenizas correspondió a la corteza (18,20%), seguido de albura (4,31%) y duramen (2,88%) ($P < 0,01$). El valor obtenido en la corteza es mayor al intervalo encontrado en la literatura para especies tropicales de 5,0%

TABLA 1. Composición química de la madera y la corteza de *H. brasiletto*.

Componentes	Contenido (%)			P
	Duramen	Albura	Corteza	
Sustancias inorgánicas ¹	2,88 (±0,03) a	4,31 (±0,02) b	18,20 (±0,01) c	**
Extraíbles				
Ciclohexano ¹	1,33 (±0,11) a	1,03 (±0,07) a	1,22 (±0,01) a	ns
Acetona ¹	17,50 (±0,88) b	3,90 (±0,66) a	2,41 (±0,10) a	**
Metanol ¹	8,76 (±1,19) b	2,02 (±0,61) a	1,88 (±0,06) a	**
Agua caliente ¹	2,11 (±0,03) a	2,89 (±0,13) b	5,00 (±0,01) c	**
Total	29,70 (±0,45) b	9,84 (±0,15) a	10,51 (±0,06) a	**
Holocelulosa ²	66,20 (±1,44) c	51,54 (±1,55) b	44,80 (±0,91) a	**
Lignina ²	25,37 (±1,55) a	26,33 (±2,64) a	31,70 (±0,58) a	ns

¹Contenido con base en madera libre de humedad

²Contenido con base en madera libre de humedad y extraíbles

P: probabilidades límites en ANOVA con un factor. **: P < 0,01; ns: P > 0,05

TABLA 2. Sustancias inorgánicas (en porcentaje) en la madera y la corteza de *H. brasiletto*.

Elemento	Duramen	Albura	Corteza
Magnesio	3,26	3,76	1,18
Fósforo	nd	3,71	1,83
Potasio	2,09	11,26	10,36
Calcio	94,65	81,28	85,03
Molibdeno	nd	nd	1,60

nd = no detectado

a 13,1% (Fengel y Wegener, 1989; Ávila, 2012); no obstante, los dos primeros autores indican que la corteza de algunas especies puede contener diez veces más sustancias inorgánicas que en su madera. En cuanto al contenido en albura y duramen, se encuentran en el intervalo publicado para otras maderas tropicales (0,11% a 6,50%) (Torelli y Cufar, 1995).

Se sabe que el calcio, el potasio y el magnesio son los principales elementos presentes en la madera (Fengel y Wegener, 1989); mientras que el calcio y el potasio lo son en la corteza, además de trazas de otros elementos como sales, e.g. fosfatos (Sjöström, 1981). La mayor presencia de potasio, magnesio y fósforo en albura que en corteza y

mayor presencia de calcio en corteza que en albura coincide con lo indicado por Rowell (2005). El molibdeno no es un elemento común, no obstante Hon y Shiraichi (2001) lo ha encontrado en madera de *Abies grandis*.

Sustancias extraíbles. La menor cantidad de extraíbles se obtuvo con ciclohexano en un intervalo de 1,03% a 1,33% (P=0,0581), seguido de los obtenidos con agua caliente, metanol y acetona. Por un lado, se encontró diferencias significativas en el contenido de extraíbles solubles en acetona y metanol presentes en el duramen y los que contiene la albura y la corteza; por otro lado hubo diferencias del contenido de extraíbles solubles en agua caliente en los tres tipos de materiales. Este patrón de menor solubilidad con los disolventes no polares, seguida de mayor solubilidad con disolventes de polaridad media y disminuyendo nuevamente en la extracción acuosa fue observado también en los resultados de la extracción sucesiva en el duramen de *Andira inermis* (Téllez et al., 2010) y en el duramen de *Enterolobium cyclocarpum* (Ramos et al., 2011). La cantidad total de sustancias extraíbles revela el incremento típico de albura (9,84%) a duramen (29,70%) encontrado en otras especies tropicales como *Dalbergia granadillo* (14,16% en albura a 33,35% en duramen) y



Platymiscium lasiocarpum (10,19% en albura a 26,93% en duramen) (Rutiaga *et al.*, 2010). Respecto a los extraíbles totales presentes en la corteza de la especie en estudio (10,51%), el valor es ligeramente menor al intervalo hallado por Fengel y Wegener (1989) para maderas tropicales (11,4% a 21%).

Es conocido que los extraíbles del duramen y la corteza pueden presentar alta resistencia al biodeterioro; a este respecto se ha encontrado que el extracto metanólico de corteza de Brasil es inhibidor de bacterias y levaduras, en él se ha identificado hematoxilina, brasilina y ácido gálico como los mayores inhibidores de estos agentes biológicos (Rivero, 2008).

Holocelulosa. Los contenidos de holocelulosa determinados en madera se encuentran en el intervalo publicado para las especies tropicales (49,2% a 82%) (Rowell, 1984; Rutiaga *et al.*, 2010); mientras que el contenido de holocelulosa en diferentes cortezas es inferior al intervalo encontrado por Fengel y Wegener (1989) que varía de 51,6% a 83,4%.

Lignina. El contenido de lignina determinado en la albura, el duramen y la corteza de *H. brasiletto* (Tabla 1) no presentó diferencia significativa ($P = 0,0717$) entre el tipo de material. Los valores obtenidos son similares a los publicados para la madera de *Dalbergia granadillo* (26,25% a 26,50%) y de *Platymiscium lasiocarpum* (25,25% a 25,95% en duramen) (Rutiaga *et al.*, 2010). Pero inferior al contenido de lignina en la corteza de diferentes especies (37,8% a 44,7%) (Fengel y Wegener, 1989).

CONCLUSIONES

Se encontró que los componentes químicos variaron como sigue: cenizas de 2,88% a 18,20%, extraíbles totales de 9,84% a 29,70%, holocelulosa de 44,82% a 66,20% y lignina de 25,37% a 31,70%.

La cantidad de componentes químicos es diferente estadísticamente ($P < 0,01$) entre duramen, albura y corteza, a excepción de los extraíbles solubles en ciclohexano y la lignina.

Mediante la extracción sucesiva aplicada, la mayor solubilidad de la madera fue en acetona y la menor en ciclohexano. Se encontró menor cantidad de holocelulosa en la corteza, seguido de la albura y finalmente en el duramen; caso contrario a la lignina que aumenta su proporción del duramen hacia la corteza.

REFERENCIAS

- Amstrong, W.P. 1992. Logwood and Brazilwood: Trees that spawned 2 Nations. (Modificado de: Pacific Horticulture 53:38-43). [Internet]. Disponible en: <http://waynesword.palomar.edu/ecoph4.htm>. Fecha de acceso: 03/14/2014.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). 1981. Annual Book of ASTM Standards. Section four. Construction. Volume 04.10 Wood. West Conshohocken, PA. 708 p.
- Ávila C., L. 2012. Fundamentos de Química de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo – Morevalladolid. Morelia. 113 p.
- Conafor (Comisión Nacional Forestal). 2011. *Haematoxylum brasiletto* Karsten. [Internet]. Disponible en: http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/929_Haematoxylum%20brasiletto.pdf. Fecha de acceso: 19/12/2013.
- Fengel, D. y G. Wegener. 1989. Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions. Walter de Gruyter. Berlín. 415 p.
- Hon, D. y N. Shiraichi. 2001. Wood and cellulosic chemistry. 2ª ed. Mercel Dekker. Nueva York. 914 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2013. México en Cifras. Tacámbaro, Michoacán. [Internet]. Disponible en: www.inegi.org.mx. Fecha de acceso: 19/12/2013.
- Olivares-Pérez, J., J.F. Avilés-Nova, B. Albarrán-Portillo, S. Rojas-Hernández y O. Castelán-Ortega. 2011. Identificación, usos y medición de leguminosas arbóreas forrajeras en ranchos ganaderos del sur del estado de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14(2):739-748.
- Pedraza-Bucio, F.E. y J. G. Rutiaga-Quñones. 2011. Extracto tánico de la madera de palo de Brasil. *Conciencia Tecnológica* 42:36-41.
- Ramos-Pantaleón, D., L.E.A. Ávila-Calderón, H.G. Ochoa-Ruiz y J.G. Rutiaga-Quñones. 2011. Contenido de sustancias extraíbles en la madera de *Enterolobium*

- cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. (*Leguminosae*). *Ciencia Nicolaita* 53: 7-19.
- Rivero-Cruz, J.F. 2008. Antimicrobial compounds isolated from *Haematoxylum brasiletto*. *Journal of Ethnopharmacology* 119(1,2):99-103.
- Rowell, R., ed. 1984. The chemistry of solid wood. American Chemical Society. Advances in chemistry. Washington. D.C. 614 p.
- Rowell, R. 2005. Handbook of wood chemistry and wood composites. Taylor & Francis. Boca Raton. 473 p.
- Runkel, R. y Y.K.D. Wilke. 1951. Zur Kenntnis des thermoplastischen Verhaltens von Holz. *Holz Roh Werkstoff* 9:260-270.
- Rutiaga Q., J.G., F.E. Pedraza Bucio y P. López Albarrán. 2010. Componentes químicos principales de la madera de *Dalbergia granadillo* Pittier y de *Platymiscium lasiocarpum* Sandw. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 16(2):179-186.
- Sjöström, E. 1981. Wood chemistry. Fundamentals and applications. Academic Press. Nueva York. 223 p.
- TAPPI (Technical Association for Pulp and Paper Industry). 2000. TAPPI Test Methods (1994-1995). TAPPI Press. Atlanta, GA.
- Téllez S., C., H.G. Ochoa-Ruiz, R. San Juan-Dueñas y J.G. Rutiaga-Quiñones. 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. y K. Cufar. 1995. Mexican tropical hardwoods. Comparative study of ash and silica content. *Holz Roh-Werkst* 53:61-62.
- Vigueras, A.L. y L. Portillo. 2012. Teñido de fibras con grana cochinilla y otros colorantes naturales. *In*: FAO. Actas de la Segunda Reunión para el Aprovechamiento Integral de la Tuna y otras Cactáceas y I Reunión Sudamericana CACTUSNET FAO-ICARDA. Argentina. p:165-175.

Manuscrito recibido el 7 de febrero de 2014.
Aceptado el 28 de abril de 2014.

Este documento se debe citar como:
Ávila-Calderón, L.E.A. y J.G. Rugiata-Quiñones. 2014. Componentes químicos de la madera y la corteza de *Haematoxylum brasiletto* Karsten (*Leguminosae*). *Madera y Bosques* 20(2):153-158.