



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍA DE LA MADERA**



Tesis

“Composición Química del Duramen de Cuatro Especies
Tropicales del Estado de Quintana Roo, México”

Que para obtener el título de Ingeniero en Tecnología de la
Madera

Presenta

Diego Olaya Escobedo

Director de tesis:

Dr. José Guadalupe Rutiaga Quiñones

Asesor interno:

Dr. Rafael Herrera Bucio

Asesor externo:

Dr. José Antonio Silva Guzmán (U de G)

Morelia, Michoacán, México. Octubre 2019.

ÍNDICE

	Página
1.- Introducción	1
2.- Antecedentes	3
3.- Objetivos	4
4.- Generalidades de las especies	5
5.- Metodología	10
5.1. Colecta y preparación del material de estudio	10
5.2. Composición química	12
5.2.1. Por ciento de humedad	12
5.2.2. pH	12
5.2.3. Cenizas y microanálisis	13
5.2.4. Obtención de extraíbles	13
5.2.5. Solubilidad a la sosa	14
5.2.6. Determinación de lignina	14
5.2.7. Determinación de holocelulosa	15
5.2.8. Determinación de alfa-celulosa	15
5.2.9. Taninos	15
5.2.10. Determinación de extracto total	16
5.2.11. No. de Stiasny	16
5.2.12. Taninos hidrolizables	17
5.3. Análisis estadístico	17
6. Resultados y Discusión	18
6.1. Composición química	18
6.1.1. Por ciento de humedad	18
6.1.2. pH	18
6.1.3. Cenizas y microanálisis	19
6.1.4. Obtención de extraíbles	21
6.1.5. Solubilidad a la sosa	22
6.1.6. Lignina	23
6.1.7. Holocelulosa	24
6.1.8. Alfa-celulosa	25
6.1.9. Taninos	26
6.1.10. Extracto total	26
6.1.11. No. de Stiasny	27
6.1.12. Taninos hidrolizables	28
7. Conclusiones	29
8. Bibliografía	30

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Descripción general de las especies en estudio	5
Tabla 2. Porcentajes de humedad (% H) promedio para cada una de las maderas de las especies estudiadas	18
Tabla 3. Valores promedios de pH obtenido de la madera de las especies estudiadas	19
Tabla 4. Valores de porcentaje de cenizas en madera de las diferentes especies	20
Tabla 5. Resultados del microanálisis de las cenizas del duramen de cuatro especies tropicales	20
Tabla 6. Comparación de valores de porcentaje de extractos totales con diferentes solventes	22
Tabla 7. Valores de porcentaje de madera de solubilidad a la sosa de las especies estudiadas	23
Tabla 8. Valores de porcentaje de lignina en el duramen de las especies estudiadas	24
Tabla 9. Valores para madera de porcentaje de holocelulosa en el duramen de las especies estudiadas	25
Tabla 10. Contenido de alfa-celulosa para las especies a estudio	25
Tabla 11. Valores de porcentaje de taninos obtenidos mediante extracción acuosa y etanólica	26
Tabla 12. Valores de porcentaje de extracto total obtenidos mediante extracción acuosa y etanólica	27
Tabla 13. Valores del No. de Stiasny obtenido mediante extracción acuosa y etanólica	28
Tabla 14. Resultados cualitativos de taninos hidrolizables obtenidos mediante extracción acuosa y etanólica	28

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación del estado de Quintana Roo	10
Figura 2. Árbol de las especies estudiadas	10
Figura 3. Rodajas de madera de las especies	11
Figura 4. Astillado y molido de la madera	11
Figura 5. Harina de madera del material de estudio	11
Figura 6. Determinación del porcentaje de humedad	12
Figura 7. Potenciómetro	12
Figura 8. Determinación de cenizas	13
Figura 9. Obtención de extraíbles en equipo Soxhlet	13
Figura 10. Rotavapor	14
Figura 11. Solubilidad a la sosa	14
Figura 12. Determinación de lignina	14
Figura 13. Determinación del porcentaje de holocelulosa	15
Figura 14. Determinación de alfa-celulosa	15
Figura 15. Determinación de taninos	16
Figura 16. Extracto total (rendimientos de solidos)	16
Figura 17. Determinación de No. de Stiasny	16
Figura 18. Determinación cualitativa de taninos hidrolizables	17

Resumen

Se realizó un análisis químico de la madera (duramen) de cuatro especies tropicales: *Brosimum alicastrum* (ramón), *Lonchocarpus cf castilloi* (machiche), *Lysiloma latisiliquum* (tzalam) y *Piscidia piscipula* (jabín) del estado de Quintana Roo, México. En este estudio se determinó el contenido de cenizas y se realizó el análisis de cenizas, pH, solubilidad a la sosa, extraíbles (ciclohexano, acetona, metanol y agua caliente), lignina, holocelulosa, alfa- celulosa y taninos. Se encontró que los componentes químicos variaron de la siguiente manera: cenizas (1.67 a 6.35%), el pH de la harina libre de extracto presentó menos acidez en comparación con la harina con extracto, lignina (23.80 a 26.60 %), extraíbles en ciclohexano (1.45 a 5.41%), acetona (4.32 a 8.49%), metanol (6.07 a 9.08%) y en agua (9.69 a 22.20%), holocelulosa (64.15 a 82.31%), alfa-celulosa (54.18 a 64.11%).

Se encontraron diferencias estadísticas significativas en la composición química del duramen de las cuatro especies tropicales.

Palabras clave:

pH

Extraíbles

Lignina

Holocelulosa

Taninos

ABSTRACT

A chemical analysis of the wood (heartwood) of four tropical species *Brosimum alicastrum* (ramón), *Lonchocarpus cf castilloi* (machiche), *Lysiloma latisiliquum* (tzalam) and *Piscidia piscipula* (jabin) from the state of Quintana Roo, Mexico was performed. In this study the ash content was determined and the analysis of ash, pH, sodium solubility, extractives (cyclohexane, acetone, methanol and hot water), lignin, holocellulose, alpha-cellulose and tannins was performed. It was found that the chemical components varied as follows: ashes (1.67 to 6.35%), the pH of the extract-free flour showed less acidity compared to the flour with extract, lignin (23.80 to 26.60%), extractives in cyclohexane (1.45 to 5.41%), acetone (4.32 to 8.49%), methanol (6.07 to 9.08%) and in water (9.69 to 22.20%), holocellulose (64.15 to 82.31%), alpha-cellulose (54.18 to 64.11%).

Significant statistical differences were found in the chemical composition of the heartwood of the four tropical species.

Keywords:

pH

Extratives

Lignin

Holocellulose

Tannins

1.- INTRODUCCIÓN

La gran diversidad de especies que constituye el recurso forestal maderable de las zonas de clima cálido húmedo en nuestro país, y debido a la nula o poca importancia económica que se le da a algunas especies. (De la Paz Pérez *et al.* 1980) son la principal causa de la falta de información sobre ciertas especies de clima tropical, especialmente en el conocimiento de su composición química, entre las que se encuentran *Brosimum alicastrum*, *Lonchocarpus cf castilloi*, *Lysiloma latisiliquum* y *Piscidia piscipula*.

Brosimum alicastrum (Ramón), pertenece a la familia de las Moraceae, se distribuye en el Sur de México, Centro América, Caribe y norte de Sudamérica, su madera es pesada, dura y tenaz, ofrece un excelente acabado, sus usos, en la carpintería y ebanistería para muebles finos, escaleras, chapas decorativas, pisos, entre otros (Richter *et al.* 2012).

Lonchocarpus cf castilloi (Machiche), pertenece a la Familia de las Fabaceae – Faboideae, su distribución es en el sureste de México, Centroamérica; su madera es pesada y dura, duramen de color café amarillento a rojizo, ocasionalmente con vetas oscuras, nítidamente diferenciado de la albura de color crema a café claro. Se utiliza para pisos industriales y decorativos, muebles, chapas, artesanías, etc. (Richter *et al.* 2012).

Lysiloma latisiliquum (Tzalam) se distribuye en el sureste de México, norte de Centroamérica y el Caribe (Cuba, Haití y Bahamas), pertenece a la Familia de las Fabaceae – Mimosoideae, su albura es de color crema amarillenta, claramente diferenciada de duramen de color café claro a oscuro con matiz cobrizo a morado. Madera de densidad media a alta, sus usos principales para pisos, muebles de jardín, carpintería y ebanistería (muebles finos), marcos de puertas, entre algunos otros (Richter *et al.* 2012).

Piscidia piscipula (Jabín) pertenece a la Familia de las Fabaceae - Faboideae, se distribuye en el Sureste de México, en Norteamérica, Centroamérica y el Caribe, su madera es pesada, de color y vetado atractivo, su duramen es de color café castaño amarillento con matiz verdusco con vetas aisladas de color olivo, la albura mientras tanto es de color crema, se

usa en la construcción rural, duelas, parquet, chapa rebanada decorativa, lambrín, postes, decoración de interiores entre otros usos (Richter *et al.* 2012).

El estudio de la composición química de la madera es fundamental para la aplicación de este material en diversos usos, entre ellos la producción de pulpa y papel, taninos y en el futuro la obtención de sustancias que actúen como preservadores naturales de maderas (Turng *et al.* 2003).

La composición química de la madera varía en función de los diferentes partes del árbol, del tipo de madera, distribución geográfica y la calidad del sitio de recolección de la madera (Pettersen 1984); además de que al conocer la composición química de las diferentes partes estructurales de las especies maderables es un aspecto sumamente necesario e importante, con la finalidad de encontrar alternativas de utilización industrial (García *et al.* 2004).

El objetivo del presente estudio es determinar la composición química de cuatro maderas tropicales (*Brosimum alicastrum*, *Lonchocarpus cf castilloi*, *Lysiloma latisiliquum* y *Piscidia piscipula*), maderas de gran importancia económica en México. Son pocos los estudios encontrados para maderas tropicales mexicanas, por lo tanto el propósito de este trabajo es contribuir al conocimiento químico de cuatro especies tropicales.

2.- ANTECEDENTES

No se dispuso información sobre de la composición química de la madera de las especies forestales a estudiar, sin embargo, se encontraron algunos estudios realizados en algunas especies de los mismos géneros que continuación se alista:

Castañeda (1986) determina la composición química de la madera de tres especies tropicales de Jalisco (*Cordia elaeagnoidea*, *Brosimum alicastrum* y *Pithecellobium dulce*).

Cárdenas *et al.* (2003) determinan la composición química de ensilajes mixtos de gramíneas y especies arbóreas de Yucatán, México (*Guazuma ulmifolia*, *Lysiloma latisiliquum*, *Piscidia piscipula* y *Albicia lebbeck*).

García *et al.* (2006) realizan la caracterización química del follaje, la corteza y la madera de cinco especies foréstaes de la sierra maestra (*Colubrina arborescens*, *Brosimum alicastrum*, *Swietenia mahagoni*, *Zuelania guidonia* y *Cinnamomum parviflorum*).

Tení (2008) realiza el tamizaje fitoquímico, extracción fraccionada y evaluación biocidica del extracto diclorometánico y metanólico en fruto, semilla y hojas de *Brosimum alicastrum* (Ramón).

Morelos (2012) determina la composición química de la madera de dos especies de latifoliadas (*Lysiloma bahamesis*, *Platymiscium yucatanum*).

3.- OBJETIVOS

3.1.- Objetivo general

Conocer la composición química del duramen de cuatro especies de latifoliadas tropicales (*Brosimum alicastrum*, *Lonchocarpus cf castilloi*, *Lysiloma latisiliquum* y *Piscidia piscipula*).

3.2.- Objetivos específicos

- Conocer el contenido de humedad
- Conocer el pH
- Conocer el contenido de cenizas (Sustancias inorgánicas)
- Conocer la cantidad de sustancias extraíbles
- Conocer el pH después de la extracción
- Conocer la solubilidad a la sosa
- Conocer el contenido de lignina
- Conocer el contenido de holocelulosa
- Conocer el contenido de alfa-celulosa
- Conocer el porcentaje de taninos

4.- GENERALIDADES DE LAS ESPECIES

En la Tabla 1 se muestra la descripción general de las especies estudiadas *Brosimum alicastrum*, *Lonchocarpus cf castilloi*, *Lysiloma latisiliquum* y *Piscidia piscipula*.

Tabla 1. Descripción general de las especies en estudio

Especie en estudio	Descripción General
<p><i>Brosimum alicastrum</i> (Richter <i>et al.</i> 2012).</p>	<p>Reino: vegetal División: Magnoliophyta Clase: Manoliopsida Orden: Rosales Familia: Moraceae Género: <i>Brosimum</i> Nombre común: Ramón, capomo, ojite, ojoche nazareno (MX), guaimaro (CO), congoña, machinga (PE), tillo (EC), inharé, mururé, muiratinga (BR), masica (HN), breadnut (JA). Distribución geográfica: vertiente del golfo, desde Tamaulipas hasta Yucatán y Quintana Roo, vertiente del pacífico desde Sinaloa hasta Chiapas (Mx), Centro América, Caribe y norte de Sudamérica. Estatus de protección: No protegido. Árbol: árbol perennifolio, de 30 a 40 m de altura, DAP mayor a 1 m en algunos casos, Tronco derecho con contrafuertes grandes. Ramas: ascendentes y luego colgantes. Madera: Duramen de color café rojizo a anaranjado, frecuentemente con vetas oscuras pronunciadas, con transición clara a la albura de color crema. Anillos de crecimiento débilmente marcados o ausentes; hilo entrecruzado; veteado poco pronunciado en el ramón blanco, pronunciado en el ramón colorado; textura fina y compacta, superficie algo lustrosa; sin olor o sabor característico. Corteza: externa lisa en árboles jóvenes, y en adultos es áspera, frecuentemente escamosa en piezas grandes y cuadradas, de color gris clara a parda. Trabajabilidad: Madera pesada, dura y tenaz, algo difícil de trabajar manualmente pero de buena trabajabilidad</p>

	<p>en las operaciones de maquinado. Debido a su dureza requiere herramientas de filo reforzado y técnicas de corte adecuadas para obtener superficies y cantos de alta calidad.</p> <p>Usos: Carpintería y ebanistería (muebles finos), escaleras (escalones, pasa manos), chapas decorativas, paneles, molduras, pisos (parquet de dimensiones pequeñas), hormas de zapatos, mangos de herramientas, artesanía y torneados.</p>
<p><i>Lonchocarpus cf castilloi</i> (Richter <i>et al.</i> 2012).</p>	<p>Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Fabaceae Familia: Fabaceae- Faboideae. Género: <i>Lonchocarpus</i> Nombre común: Balché, chacté, chashté, canazin, machiche, matachiche (MX); cabbage bark (BZ), manchiche, manchuch (GT). Distribución geográfica: Especie restringida a la vertiente del golfo, en el norte de Chiapas, la selva la candona , tabasco Y en la península de Yucatán, fundamentalmente en Campeche y Quintana Roo, en la porción más oeste de la depresión central de Chiapas, Centroamérica (Guatemala, Belice). Estatus de protección: No protegido. Árbol: Árbol de hasta 30 m de alto y DAP de hasta 40 cm, tronco derecho, copa redondeada Y densa, Ramas: Ascendentes Madera: Duramen de color café amarillento a rojizo, ocasionalmente con vetas oscuras, nítidamente diferenciado de la albura de color crema a café claro. Límites de anillos de crecimiento visibles macroscópicamente, marcados por finas bandas de parénquima marginal. Veteado acentuado en las caras tangenciales, textura mediana a gruesa, hilo entrecruzado, ocasionalmente muy irregular. Madera dura. Corteza: Muy escamosa en piezas papiráceas, de color</p>

	<p>grisáceo a amarillento, con sabor ligeramente resinoso y dulce.</p> <p>Trabajabilidad: Madera pesada y dura, algo difícil de trabajar manualmente y en diferentes operaciones de maquinado, sobre todo cuando se tiene presencia de hilo entrecruzado y/o muy irregular. Se recomienda usar herramientas de filo reforzado (carburo de tungsteno) y técnicas de corte adecuadas para obtener superficies y cantos de alta calidad. De buen comportamiento al escopleado y moldurado, de bueno al barrenado.</p> <p>Usos: Su madera es muy apreciada para la construcción de embarcaciones de calado medio, pisos industriales y decorativos (duelas, parquet), pisos de ingeniería, muebles y gabinetes finos, cajas para reloj, urnas, muebles de jardín, chapas rebanadas decorativas, artesanía, torneados.</p>
<p><i>Lysiloma latisiliquum</i> (Richter <i>et al.</i> 2012).</p>	<p>Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Fabales Familia: Fabaceae-Mimosoideae. Género: <i>Lysiloma</i> Nombre común: Tzalam, tzukté, zalam, dzalám (MX); wild tamarind, Bahamas tamarind (US); salám (BZ); t`zalám (GT); abey, sabicú (CU); tavernon (HT). Distribución geográfica: Esta especie se encuentra restringida al norte de Chiapas, en la selva la candona, tabasco y la península de Yucatán, Quintana Roo, norte de Centroamérica (Belice, Guatemala), Caribe (Cuba, Haití, Bahamas) Estatus de protección: No protegido. Árbol: árbol de hasta 20 m de alto y DAP de hasta 70 cm, con tronco derecho; ramas ascendentes y luego horizontales y péndulas, copa redondeada. Ramas: Ascendentes con abundantes lenticelas pardas longitudinales. Madera: Albura de color crema amarillenta, claramente diferenciada del duramen de color café claro a oscuro con matiz cobrizo o morado. Anillos de crecimiento visibles macroscópicamente, marcados por finas bandas de pa-</p>

	<p>rénquima marginal. Hilo generalmente entrecruzado, ocasionalmente muy irregular. Presenta un veteadado de suave ha pronunciado. Textura mediana a gruesa, superficie algo lustrosa; madera seca sin olor o sabor característico.</p> <p>Corteza: Externa lisa a finamente fisurada, gris pardusca, con algunas lenticelas circulares del mismo color.</p> <p>Trabajabilidad: Madera de densidad mediana a alta, algo difícil de trabajar manualmente y en diferentes operaciones de maquinado, sobre todo cuando se tiene presencia de hilo entrecruzado y/o muy irregular. Se recomienda usar herramientas de filo reforzado</p> <p>Usos: Pisos (duelas, parquet de dimensiones pequeñas), pisos de ingeniería, muebles de jardín, carpintería y ebanistería (muebles finos), cajas para reloj, urnas, molduras, chapas rebanadas decorativas, durmientes, marcos de puertas y ventanas (madera laminada), artesanías, torneados y ruedas de carretas.</p>
<p><i>Piscidia piscipula</i> (Richter <i>et al.</i> 2012).</p>	<p>Reino: Plantae División: (sin clasificación.): Eudicots Clase: (sin clasificación.): Rosids Orden: Fabales Familia: Fabaceae-Faboideae. Género: <i>Piscidia</i> Nombre común: Jabín, habín, habí, chijol, flor de papagallo, haabi, ha'abim, jabi, matapiojo (MX); Florida fish-poison-tree (US); fishfuddle, Jamaica dogwood (JM); guamá (CU). Distribución geográfica: Especie distribuida en la vertiente del Golfo desde el centro de Tamaulipas y San Luis Potosí hasta la península de Yucatán y la depresión central de Chiapas. En la vertiente del pacífico, desde Jalisco hasta Chiapas, incluyendo la cuenca del Balsas, Quintana Roo, Norteamérica (USA-Florida), Centroamérica, Caribe. Estatus de protección: No protegido. Ramas: ramas escasas ascendentes. Árbol: árbol de hasta 20 m de alto y DAP de hasta 50 cm, con tronco derecho, copa densa. Madera: Duramen de color café castaño amarillento con matiz verdusco, con vetas aisladas de color olivo oscuro; distinto de la albura de color crema. Límites de anillos de</p>

	<p>crecimiento macroscópicamente distintos, marcados por bandas muy finas de parénquima marginal. Presenta un veteado en relieve muy atractivo alternando capas de diferentes colores entresacadas. Textura gruesa, hilo entrecruzado, frecuentemente irregular. Madera seca sin olor distintivo.</p> <p>Corteza: Externa fisurada, que se desprende en escamas rectangulares en las costillas, pardo grisáceo a moreno oscura.</p> <p>Trabajabilidad: Madera difícil de trabajar con herramientas manuales, sin embargo, de fácil trabajabilidad en las operaciones de maquinado. Requiere el uso de herramientas provistas de carburo de tungsteno o estelita. Madera dura.</p> <p>Usos: Su madera se utiliza en la construcción de casas , duelas, parquet, pisos de ingeniería, chapas rebanadas decorativas, muebles de jardín, escaleras (escalones y pasamanos), mangos para cuchillería, cajas para reloj, decoración de interiores y durmientes.</p>
--	--

5.- METODOLOGIA

5.1. Colecta y preparación del material de estudio.

El material de estudio *Brosimum alicastrum*, *Lonchocarpus cf castilloi*, *Lysiloma latisiliquum*, *Piscidia piscipula* se recolectó en el Estado de Quintana Roo, ubicado en la Península de Yucatán en el Sureste de la República Mexicana, con las coordenadas geográficas al norte 21° 35', al sur 17° 49' de latitud norte; al este 86° 42', al oeste 89° 25' de longitud oeste (www.inafed.gob.mx) (Figura 1).



Figura 1. Ubicación del estado de Quintana Roo.

En las imágenes de la figura 2 se muestran árboles que pertenecen a las especies estudiadas: a) www.verarboles.com, b) tropical.thefers.info/view/tropical, c) www.regionalconsevacion.com.org, d) 7song.com/blog/2014/02/a-jamaican-dogwood-story.

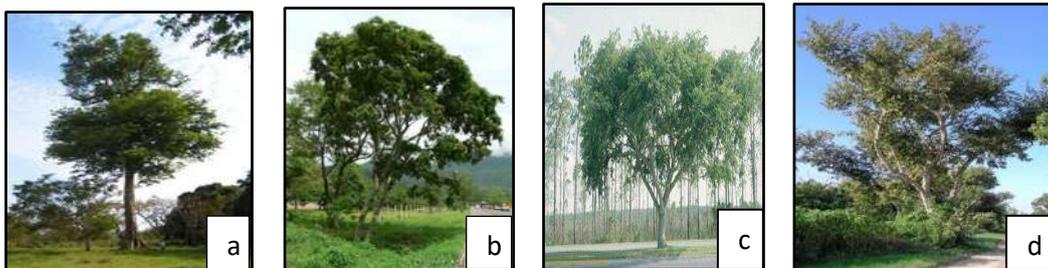


Figura 2. a) *Brosimum alicastrum*, b) *Lonchocarpus cf castilloi*, c) *Lysiloma latisiliquum*, d) *Piscidia piscipula*.

De cada especie de *Brosimum alicastrum*, *Lonchocarpus cf castilloi*, *Lysiloma latisiliquum*, *Piscidia piscipula*, se colectaron rodajas de madera (Figura 3) de las cuales se separó el duramen.

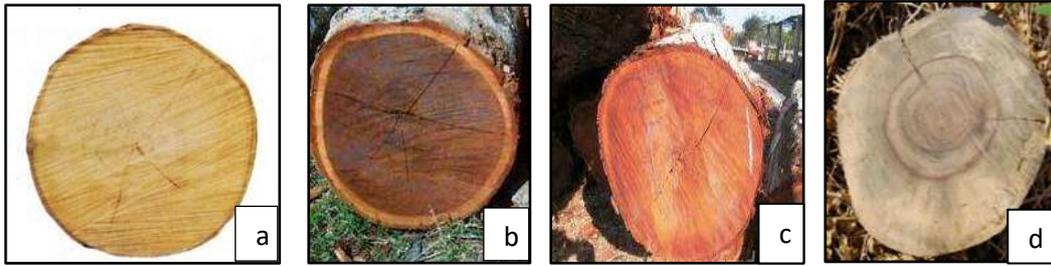


Figura 3. Rodajas de madera de las especies a) *Brosimum alicastrum*, b) *Lonchocarpus cf castilloi*, c) *Lysiloma latisiliquum*, d) *Piscidia piscipula*.

El material se secó al aire libre, posteriormente fue astillado y luego molido en un equipo Wiley (Figura 4) de acuerdo a la norma T-257 (TAPPI 2000), obteniendo así harina de madera que se tamizó en diferentes mallas (20, 40, 60) usando para su estudio la harina de malla 40. Una vez habilitado el material se almacenó en frascos sellados y etiquetados para su mejor manejo y organización (Figura5).



Figura 4. Astillado y molido de la madera.



Figura 5. Harina de madera del material de estudio.

5.2. Composición química

5.2.1. Por ciento de humedad

La determinación de las propiedades químicas se referirá a la base seca por lo que, se determinó el porcentaje de humedad de las muestras de madera del duramen, por el método de deshidratación a 105 °C en una estufa convencional de laboratorio. Todos los análisis se realizaron por duplicado, a excepción del microanálisis que se realizó por quintuplicado.

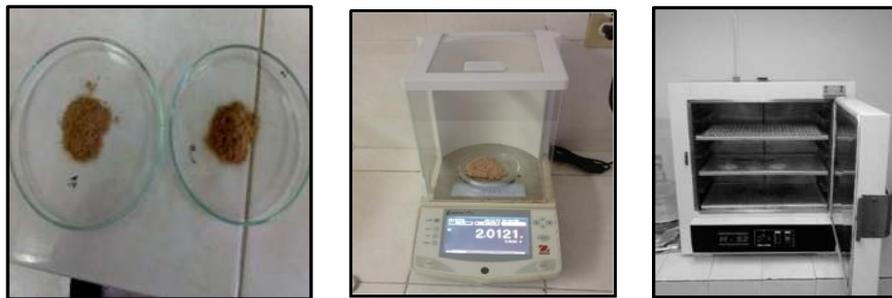


Figura 6. Determinación del porcentaje de humedad.

5.2.2. pH

Se determinó el pH de las harinas de las 4 especies tropicales, en forma natural y posteriormente en “harina libre de extractos” de acuerdo el método de Sandermann y Rothkamm (1959), midiéndose con un potenciómetro marca Accument modelo AB15 (Figura7).



Figura 7. Potenciómetro

5.2.3. Cenizas y microanálisis

La determinación del contenido de cenizas (Figura 8) se realizó gravimétricamente, después de calentar y quemar cuidadosamente en placas de calentamiento y luego en donde las muestras fueron sometidas a calcinación en una Mufla a 525° C, utilizando crisoles de níquel, de acuerdo a la norma T 211 om-93 (TAPPI 2000).



Figura 8. Determinación de cenizas.

El análisis cualitativo de las cenizas obtenidas se realizó con un espectrómetro de Rayos X, conectado a un microscopio Electrónico de Barrido marca Joel modelo JSM – 6400 (Téllez *et al.* 2010).

5.2.4. Obtención de extraíbles

La cantidad de extraíbles se realizó aplicando una secuencia de extracción con solventes de polaridad creciente: ciclohexano, acetona, metanol y agua caliente a reflujo; durante un periodo de 6 horas (Figura 9) en el equipo Soxhlet (Mejía y Rutiaga, 2008). Los solventes se recuperaron en un rotavapor de la marca Hiedolph aplicando vacío (Figura 10), para así obtener el extracto de cada secuencia.



Figura 9. Obtención de extraíbles en equipo Soxhlet



Figura 10. Rotavapor.

5.2.5. Solubilidad a la sosa

La determinación de la solubilidad a la sosa (Figura 11) se realizó de acuerdo a la norma T212 om-98 (TAPPI 2000).



Figura 11. Solubilidad a la sosa

5.2.6. Determinación de lignina

La cantidad de lignina en las muestras de madera de estudio (Figura 12) se efectuó mediante la técnica de Runkel y Wilke (1951) en harina “libre de extraíbles”.



Figura 12. Determinación de Lignina.

5.2.7. Determinación de holocelulosa

Se determinó en harina libre de extraíbles con su repetición mediante el método Wise *et al.* (1946) (Figura 13).



Figura 13. Determinación del porcentaje de Holocelulosa.

5.2.8. Determinación de alfa-celulosa

El porcentaje de alfa- celulosa se determinó en la holocelulosa siguiendo la siguiendo la Norma ASTM-D1103-60 (1977) (Figura 14).



Figura 14. Determinación de α -celulosa

5.2.9. Taninos

Para la determinación de taninos se utilizó harina de madera del duramen malla 40, con la técnica empleada por Yazaki y Hillis (1977) y por Waterman y Mole (1994) determinándose el extracto total, el No. de Stiasny y el porcentaje de taninos, así como los taninos hidrolizables de manera cualitativa (Figura 15).



Figura 15. Determinación de Taninos

5.2.10. Extracto total

Se calculó el extracto total (rendimiento de sólidos) estimando como el peso total de los sólidos que se extrajeron entre la cantidad de la muestra seca usada en cada una de las extracciones (Figura 16).

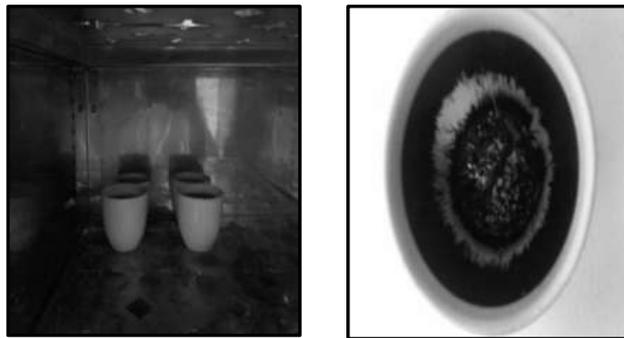


Figura 16. Extracto total

5.2.11. Número de Stiasny

Para la cuantificación de los taninos, se utilizó el No. de Stiasny (Figura 17).



Figura 17. Determinación No. de Stiasny.

5.2.12. Taninos hidrolizables

El filtrado de la prueba de Stiasny se utilizó para la determinación de taninos hidrolizables, que es una determinación cualitativa de coloración (Figura 18).



Figura 18. Determinación cualitativa de taninos hidrolizables.

5.3. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de comparación de medias con una ANOVA simple y una prueba de LSD con $\alpha = 0.5$ en el paquete estadístico Statistica 7.

6. Resultados y Discusión

6.1. Composición química.

6.1.1. Porcentaje de humedad.

El porcentaje de humedad promedio al aire libre que presentó la madera en el duramen de las especies en estudio, se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Porcentajes de humedad (% H) promedio para cada una de las maderas de las especies estudiadas.

Especie	% Humedad
	Duramen
<i>Brosimum alicastrum</i>	6.3 a
<i>Lonchocarpus cf castilloi</i>	4.1 b
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	6.2 a
<i>Piscidia piscipula</i>	4.8 b

Letras minúsculas iguales en columna significa que no existe diferencia estadística.

6.1.2. pH.

Los valores de pH obtenidos se presentan en la Tabla 3. El pH en duramen sin extraer de *B. alicastrum* y *P. piscipula* presentaron diferencia estadística significativa, en ambas especies presentaron menor acidez, en *L. cf castilloi* y *L. latisiliquum* no existe diferencia estadística y son ligeramente más ácidas. Por otro lado en el pH de duramen libre de extractos en las especies de *B. alicastrum* y *P. piscipula* no presentan diferencia estadística, de igual forma presentaron menos acidez, en las especies *L. cf castilloi* y *L. latisiliquum* se encontró diferencia significativa y ambas especies presentaron mayor acidez. En general los valores pH en el duramen sin extraer son ligeramente más ácidos. El valor de pH puede variar debido a la especie, clima, cantidad y tipos de sustancias extraíbles presentes en la madera, específicamente a los grupos ácidos o ácidos libres presentes, (Fengel, Wegener 1984) y los resultados obtenidos en el presente estudio se encuentran dentro del rango por Kollmann (1936) y se reportan como ligeramente ácidos. Una comparación con valores reportados de pH en la literatura van de 5.6 a 5.7 para *Brosimum alicastrum*, 5.2 a 6.0 en *Lonchocarpus cf castilloi* (Torelli 1982) y valores cercanos en *Lysiloma latisiliquum* (3.6) y *Piscidia piscipula* (4.1) (Casteñeda 2003), así como 4.7 para *Lysiloma bahamensis* y 4.7 para *Platymiscium yucatanum* (Morelos 2012). Para maderas tropicales mexicanas se han reportado variaciones en el duramen por ejemplo: 5.6 para *Cedrela odorata*, 5.3 para *Manilkara zapota* y 5.3 en *Swietenia macrophylla* (Rutiaga 2001) y 5.9 para *Andira inermis* (Téllez et

al. 2010). En datos comparativos de pH en el duramen en la zona centro se reporta 5.38 y en la zona exterior de 5.83 para *Lysiloma acapulcensis* (Mondragón 2004).

Tabla 3. Valores promedios de pH obtenido en el duramen de las especies estudiadas.

Especie	pH	
	Duramen sin extraer	Duramen libre de extractos
<i>Brosimum alicastrum</i>	5.48 A a	5.59 A a
<i>Lonchocarpus cf castilloi</i>	4.79 A b	4.81 A b
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	4.44 B c	4.74 A b
<i>Piscidia piscipula</i>	4.98 B a	5.47 A a

Letras mayúsculas iguales en renglón significa que no existe diferencia estadística.
Letras minúsculas iguales en columna significa que no existe diferencia estadística.

6.1.3. Cenizas y microanálisis.

Los resultados del porcentaje de cenizas se presenta en la Tabla 4, observándose que el valor inferior es para el duramen de *Lonchocarpus cf castilloi* (1.67 %), el valor máximo fue para *Brosimum alicastrum* (6.35 %) en las cuales se encontró diferencia estadística entre ambas especies. Por otro lado para el duramen de *Lysiloma latisiliquum* y *Piscidia piscipula* no presentan diferencia estadística. Se aprecia claramente que el duramen de *Brosimum alicastrum* presenta valores más altos en sustancias inorgánicas, valores similares con la literatura (Fengel, Wegener 1984). En la literatura se han encontrado valores de la especie de *P. piscipula* con 4.6 % y 2 % de contenido de cenizas para *L. castilloi* (Amilcar 2013), de 4.48 % para *L. latisiliquum* (García 2006b) y 1.55% *B. alicastrum* (Castañeda 1986), *B. lactescens* 2.09% (Rivera 2014), que están dentro del rango nominado para maderas duras (Porres 1979); para el duramen de *L. acapulcensis* en la zona centro se reporta 1.96% y en la zona exterior de 2.06% (Mondragón 2004). Por lo general el contenido de cenizas presenta un valor más alto en maderas tropicales que en maderas de clima templado (Fengel, Wegener 1984), así para maderas tropicales mexicanas se reportan valores intermedios para el duramen que van de 0.36 % para *Swietenia macrophylla*, 0.66 % para *Cedrela odorata* y de 0.78 % para *Manilkara zapota* (Rutiaga, 2001), de 0.71% para *Andira inermis* (Téllez 2010), de 0.62 % para el duramen de *Dalbergia granadillo* (Rutiaga et al 2010) de 2.88% para *Haematoxylum brasiletto* (Ávila 2014).

Tabla 4. Valores de porcentaje de cenizas en duramen de las diferentes especies en estudio.

Especies	Cenizas
	Duramen
<i>Brosimum alicastrum</i>	6.35 a
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	1.67 b
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	4.12 c
<i>Piscidia piscipula</i>	4.71 c

Letras minúsculas iguales en columna significa que no existe diferencia estadística

Los valores del microanálisis de las cenizas aparecen en la Tabla 5. Se observan variación en el número de elementos químicos detectados en las muestras estudiadas: en el duramen de *Brosimum alicastrum* se detectaron 5 elementos, en el duramen de *Lonchocarpus cf castilloi* y *Lysiloma latisiliquum* se detectaron 6 elementos químicos, 3 elementos de *Piscidia piscipula*. En todas las muestras estudiadas, los elementos químicos con mayor presencia fueron calcio, magnesio, silicio, azufre y sodio. No se detectó la presencia de metales pesados. Se reporta elementos químicos en *L. bahamensis*, siendo calcio, fósforo y potasio, mientras que en *P. yucatanum* se detectó la presencia de azufre, calcio y potasio (Morelos 2014). La mayoría de los elementos químicos aquí encontrados han sido reportados en otras maderas (Fengel, Wegener 1984). El calcio ha sido reportado como uno de los elementos más común en las maderas (Sanjuán 1997). El resultado de microanálisis de cenizas para el duramen de *Brosimum alicastrum*, *Lonchocarpus cf castilloi* coincide con lo reportado para maderas tropicales (Torelli 1982). También han sido detectado Calcio, Magnesio, Azufre y Silicio en el duramen de *Andira inermis* (Téllez et al 2010).

Tabla 5. Resultados del microanálisis de las cenizas del duramen de cuatro especies tropicales (%).

Especie	Elementos Químicos Inorgánicos							
	Mg	Ca	K	Na	Si	S	Cl	P
Ba	1.91 ±0.01	93.93 ±0.19	5.04 ±0.07	Nd	0.31 ±0.03	Nd	Nd	0.38 ±0.02
Lc	3.36 ±0.34	91.43 ±0.06	1.66 ±0.04	2.79 ±0.26	0.82 ±0.04	1.20 ±0.44	Nd	Nd
Ll	Nd	92.11 ±0.41	6.81 ±0.02	1.37 ±0.13	0.39 ±0.13	0.40 ±0.13	0.56 ±0.001	Nd
Pp	2.53 ±0.20	97.07 ±0.13	Nd	Nd	Nd	0.64 ±0.27	Nd	Nd

Ba= *Brosimum alicastrum*, Lc= *Lonchocarpus cf castilloi*, Ll= *Lysiloma latisiliquum*
Pp= *Piscidia piscipula*, Nd= No detectado.

6.1.4. Obtención de extraíbles.

Los resultados obtenidos del proceso de extracción de duramen son expresados en porcentaje base seca en estudio, se presentan en la Tabla 6. En general el porcentaje más bajo se encontró en el extracto ciclohexánico en el duramen de *B. alicastrum*, el valor más alto se reflejó en *P. pisipula*, por lo tanto en las cuatro especies presentaron diferencia estadística. De los extractos acetónicos el valor más bajo registrado se encontró en el duramen de *L. latisiliquum* (4.32%) y el más alto en *P. piscipula* (8.49%), se encontró diferencias significativamente en ambas especies, en *B. alicastrum* y *L. cf castilloi* no existe diferencia estadística. En los extractos metanólicos el valor más bajo encontrado se presentó en el duramen de *L. cf castilloi* (6.07%) y el valor más alto se encontró en el duramen interno de *B. alicastrum* (9.08%) en la cual existe diferencia estadística, en *L. latisiliquum* y *L. cf castilloi* no presentaron diferencia significativamente. Finalmente en los extractos acuosos se encontraron en menor cantidad en el duramen de *L. latisiliquum* (6.19%), el valor más alto se encontró en el duramen de *B. alicastrum* (22.20%), en ambas especies se encontró diferencia estadística, en *L. cf castilloi* y *L. castilloi* no presentaron diferencia estadísticas.

Se debe considerar que el rendimiento de extraíbles puede ser influido por factores ambientales y genéticos: edad del árbol, clima, cantidad de agua suministrada, nutrientes disponibles y época de corta (Hillis 1971; Hon y Shiraishi 2001). Como referencia se pueden mencionar para maderas tropicales los siguientes datos: García *et al* (2006) da a conocer el contenido de extractivos de agua caliente y (alcohol-benceno) de 4.14% (4.51%), 6.48% (3.82%), 3.9% (8.9%), 5.58% (1.7), 3.16% (8.32%) para *Colubrina arborescens*, *Brosimum alicastrum*, *Swietenia mahagoni*, *Zuelania guidonia*, *Cinnamomum parviflorum* respectivamente. Morelos (2014) indica valores en la extracción sucesiva en ciclohexano, acetona, metanol y agua caliente en el duramen de *L. bahamensis* 1.5%, 16.7%, 7.4% y 0.4%, para *P. yucatanum* 1.7%, 16.6%, 6.0% y 0.4% respectivamente. Ávila (2014) reporta valores para duramen de *Haematoxylum brasiletto* al realizar una extracción sucesiva con solventes de polaridad creciente ciclohexano, acetona, metanol y agua caliente, encontró una solubilidad de 1.33%, 17.50%, 8.76% y 2.11% respectivamente. Honorato *et al* (2015) re-

porta los resultados de la extracción en etanol-benceno y (etanol) en el duramen para las maderas *Ceiba petandra* 3.23% (5.08%), *Hevea brasiliensis* 2.29 % (2.35%) y para *Ochroma pyramidale* 3.12% (2.23%).

Tabla 6. Comparación de valores de porcentaje de extractos totales con diferentes Solventes.

Especies	Extraíbles				Totales
	Ciclohexano (%)	Acetona (%)	Metanol (%)	Agua (%)	
<i>Brosimum alicastrum</i>	1.45 A a	6.14 B a	9.08 C a	22.20 D a	38.87 a
<i>Lonchocarpus cf castilloi</i>	3.93 A b	5.25 B ab	6.07 B b	12.83 C b	28.08 b
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	4.72 A c	4.32 A b	6.25 B b c	9.69 C b	24.99 b
<i>Piscidia piscipula</i>	5.41 A d	8.49 B c	6.73 C c	15.44 C c	36.09 a

Letras mayúsculas iguales en renglón significa que no existe diferencia estadística.

Letras minúsculas iguales en columna significa que no existe diferencia estadística.

6.1.5. Solubilidad a la sosa.

Los porcentajes obtenidos para este análisis se reportan en la Tabla 7. Como se puede ver, para el caso del duramen *B. alicastrum* con 75.67%, el valor más alto y para *P. piscipula* con 63.06% el valor más bajo. Los valores que presenta la madera de las especies *B. alicastrum* y *L. cf castilloi* no presentan diferencia estadística en el porcentaje de solubilidad a la sosa, en el duramen de *L. latisiliquum* y *P. piscipula* sí existe diferencia estadística respectivamente. Por lo tanto valores altos en solubilidad a la sosa pueden estar relacionados a pudrición por hongos, al deterioro por la acción del calor y oxidación (TAPPI-2000), por lo tanto los porcentajes altos de solubilidad a la sosa pueden estar relacionados con la durabilidad natural de la madera. Rowel (1984) indica una referencia de un estudio de 241 especies, donde reporta un rango para maderas templadas y tropicales que varía de 6% para *Dysoxylum turezaniowii* y de 31% para *Eperua bijua*; valores bajos en comparación a los datos que se obtuvieron en este estudio. Aguilar (2006) reporta para *Clethra macrophylla* 22.68%, para *Agarista mexicana* 24.83%, *Arbutus galandulosa* 35.51%, *Persea americana* 24.95%, *Arbutus xalapensis* de 30.08% siendo valores bajos.

Tabla 7. Resultados de solubilidad a la sosa en el duramen de las especies en estudio (%).

Especie	Solubilidad a la sosa (%)
	Duramen
<i>Brosimum alicastrum</i>	75.67 a
<i>Lonchocarpus cf castilloi</i>	75.20 a
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	71.48 b
<i>Piscidia piscipula</i>	66.06 c

Letras minúsculas iguales en columna significa que no existe diferencia estadística

6.1.6. Lignina.

Los valores de porcentaje de lignina Runkel en el duramen, se muestra en la Tabla 8, donde el valor más alto en el duramen fue para *P. piscipula* (26.60 %), mientras que el porcentaje más bajo fue para *L.cf castilloi* (23.80 %). Por lo tanto se observa en el duramen de *B. alicastrum*, *L. cf castilloi* y *L. latisiliquum* no presentan diferencia estadística en la concentración de lignina, en el duramen de *P. piscipula* tiene diferencia estadística en comparación con las especies antes mencionadas. Datos reportados en la literatura para lignina oscilan entre 28,39% para *B. alicastrum* (García et al 2006), de 34.8 % para *L. bahamensis* y 37.5% para *p. yucatanum* (Morelos 2014), de 26% para *B. alicastrum* y 20% para *L. acapulcensis* (Bárcena 1999), *B. lactescens* 26.66% (Rivera 2014). Para *Lonchocarpus castilloi* se reporta 22% y 21% para *Lysiloma bahamense* (Velásquez 2014) valores similares a los obtenidos. En general para maderas tropicales se reportan los siguientes valores: para *Spondias mombis* 19% (Perttense 1984), *Acacia angustissima* 20.04% (Huerta 1996), *Bursera simaruba* 23% (Perttensen 1984), *Dalbergia granadillo* 25.65% (Rutiaga et al. 2010), *Andira inermis* 34.2% (Téllez et al. 2010), *Haematoxylum brasiletto* 25,37% (Ávila 2014), Ceiba petandra 26,24%, *Hevea brasiliensis* 19,76% y para *Ochroma pyramidale* 23,02% (Honorato et al. 2015), *Brosimum alicastrum* 30.4% y *Brosimum parinarioides* 28.3% (Eduardo 2007). Las diferencias en el contenido de lignina se deben principalmente a la edad de los árboles, ya que la madera de árboles jóvenes presentan menores contenidos de lignina que la madera de árboles adultos (Okino et al. 2010; Zaki et al. 2012).

Tabla 8. Resultados de porcentaje de lignina en el duramen de las especies estudiadas (%).

Especie	Lignina (%)
	Duramen
<i>Brosimum alicastrum</i>	23.81 a
<i>Lonchocarpus cf castilloi</i>	23.80 a
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	23.99 a
<i>Piscidia piscipula</i>	26.60 b

Letras minúsculas iguales en columna significa que no existe diferencia estadística.

6.1.7. Holocelulosa.

Los valores de holocelulosa obtenidos en la muestra de duramen se aprecian en la Tabla 9. El valor promedio mayor de duramen fue para *L. latisiliquum* (82.31%), el valor más bajo para el duramen *B. alicastrum* (64.15%). En general para el duramen de *L. cf castilloi* y *P. piscipula* no hay diferencia estadística en comparación con las especies de *B. alicastrum* y *L. latisiliquum* que sí tuvieron comparación estadística. Los resultados muestran mayor concentración de polisacáridos en el duramen de *B. alicastrum*, por que los métodos y las técnicas cambian además de la variabilidad de la composición química de las especies en estudio (Fengel, Wegener 1984). Mondragón (2004) encuentra un contenido de holocelulosa en el duramen de *L. acapulcensis* en la zona centro fue de 80.1% y en la zona exterior de 82.55%. Morelos (2014) reporta la cantidad de polisacáridos en el duramen de *L. bahamensis* 79.6% y para *P. yucatanum* 81.0%. Así para maderas tropicales se reportan resultados con mucha variación en el duramen por ejemplo: para *Ceiba petandra* 79.08%, *Hevea brasiliensis* 80.13% y para *Ochroma pyramidale* 81.99 % (Honorato et al. 2015). Pettersen (1984) reporta contenido de holocelulosa de 63.0%, 64.0%, 74,0% y 76.0% para *Brosimum alicastrum*, *Ceiba pentandra*, *Bursera simaruma* y *Spondias mombis*. Castañeda (1986) indica que la madera de *cellobium dulce* contiene 77.45%, *Cordia elaeagnoidea* 76.76% y *Brosimum alicastrum* contiene 81.05% de holocelulosa respectivamente. Ávila (2014) encuentra un contenido de holocelulosa de 66.20% en el duramen de *Haematoxylum brasiletto*.

Tabla 9. Resultados del porcentaje de holocelulosa en el duramen de las especies estudiadas (%).

Especie	Holocelulosa (%)
	Duramen
<i>Brosimum alicastrum</i>	64.15 a
<i>Lonchocarpus cf castilloi</i>	73.71 b
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	82.31 c
<i>Piscidia piscipula</i>	70.94 b

Letras minúsculas iguales en columna significa que no existe diferencia estadística.

6.1.8. Alfa-celulosa.

El contenido de alfa-celulosa en el duramen de las especies estudiadas se muestra en la Tabla 10. En el duramen de *B. alicastrum* y *L. cf castilloi* no presentan diferencia estadística, por otra parte para el duramen de *L. latisiliquum* y *P. piscipula* se encontró diferencia estadística en la cantidad de alfa-celulosa. En general, el alfa-celulosa indica el contenido de celulosa no degradada, en base al proceso de alfa-celulosa los valores se encuentran en 54 y 64 %. Morelos (2014) indica contenido de alfa-celulosa en el duramen para *L. bahamensis* de 48.0% y para *P. yucatanum* de 47.1%. Castañeda (1986) reporta que la madera de cellobium dulce contiene 55.04%, *Cordia elaeagnoidea* 57.72% y *Brosimum alicastrum* contiene 59.47%. En maderas tropicales se han encontrado muchas variaciones, por ejemplo; para *Ceiba petandra* 41.04%, *Hevea brasiliensis* 42.15% y para *Ochroma pyramidale* 42.33 % (Honorato et al. 2015). (Pettersen 1984 y Walia et al. 2009) presentan valores de alfa-celulosa de 41% a 50% para la madera de *Ceiba petandra*.

Tabla 10. Contenido de alfa- celulosa para las especies a estudio

Especie	Alfa-celulosa (%)
	Duramen
<i>Brosimum alicastrum</i>	54.18 a
<i>Lonchocarpus cf castilloi</i>	55.52 a
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	64.11 b
<i>Piscidia piscipula</i>	57.01 c

Letras minúsculas iguales en columna significa que no existe diferencia estadística.

6.1.9. Taninos.

Los valores de taninos obtenidos mediante la extracción acuosa y etanólica se muestran en la Tabla 11 para duramen. Se encontró taninos con valores más altos en la extracción etanólica en las muestras estudiadas en comparación con la extracción acuosa. Los resultados más altos del porcentaje de taninos en las extracciones acuosas, es para *L. cf castilloi* con 0.32 % y el valor menor fue para *B. alicastrum* con 0.11 % en ambas especies se encontraron diferencias estadísticas, en *L. latisiliquum* y *P. piscipula* no presentaron diferencia estadística. Por otro lado, en las extracciones etanólicas en el duramen de *B. alicastrum*, *L. cf castilloi*, *L. latisiliquum* presentaron estadísticamente diferencias significativamente, en las especies de *P. piscipula* y *B. alicastrum* no se detectó diferencia estadística. Por otro lado Colín (2005) reporta que para *Erytroxylon compactum* Rose un valor obtenido de 5.2% mientras que para *Senna skinneri* (Benth) obtuvo un rendimiento de 14.4%.

Tabla 11. Valores de porcentaje de taninos obtenidos mediante extracción acuosa y etanólica en el duramen.

Especie	Taninos (%)	
	acuosos	Etanólico
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.11 A a	0.24 B a
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	0.32 A b	0.71 B b
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.15 A c	0.54 B c
<i>Piscidia piscipula</i>	0.21 A ab	0.27 A a

Letras mayúsculas iguales en renglón significa que no existe diferencia estadística.
Letras minúsculas iguales en columna significa que no existe diferencia estadística

6.1.10. Extracto total.

Los valores promedios en extracto total (sólidos totales extraídos) en el duramen como se aprecia en la Tabla 12. Con respecto al solvente utilizado en la extracción hubo variación entres las especies en estudio. Para los promedios en los extractos acuosos en *B. alicastrum* y *L. cf castilloi* presentan diferencia significativa, mientras que en *L. latisiliquum* y *P. piscipula* no se obtuvo diferencia significativa. Para la extracción etanólica en el duramen de las especies de *B. alicastrum*, *L. cf castilloi* y *L. latisiliquum* no existe diferencia estadística, para el duramen de *P. piscipula* en comparación con las especies antes mencionadas si existe diferencia significativa.

Por lo tanto los resultados pueden variar a los reportados en la literatura, ya que la cantidad de extractos en el árbol puede verse influida en diversos factores naturales como, las condiciones climáticas, el tipo de árbol, edad del árbol, características genéticas, entre otras (Hillis 1984).

Asimismo una comparación no se puede hacer ya que la literatura es muy escasa con estas especies, se indican unas citas donde muestran valores de la corteza en especies tropicales como el *Erytroxylon compactum* y *Senna skinner* en donde reportan rendimientos del 11.2% y 18.7%, respectivamente (Colín 2005), a lo que se hace referencia a valores obtenidos en este estudio son menores en la zona del duramen en extracción acuosa y extracción etanólica.

Tabla 12. Valores de porcentaje de extracto total obtenidos mediante extracción acuosa y etanólica en el duramen.

Especie	Extracto Total (%)	
	acuosos	Etanólico
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.14 A a	0.31 A a
<i>Lonchocarpus cf castilloi</i>	0.30 A b	0.62 A a
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	0.29 A c	0.82 A a
<i>Piscidia piscipula</i>	0.62 A c	0.90 A b

Letras mayúsculas iguales en renglón significa que no existe diferencia estadística.

Letras minúsculas iguales en columna significa que no existe diferencia estadística

6.1.11. Número de Stiasny.

El porcentaje promedio para el Número de Stiasny se muestran en la Tabla 13. En los extractos etanólicos fue mayor al de los acuosos, en las cuatro especies en estudio. En la extracción acuosa en el duramen de *L. cf castilloi* y *L. latisiliquum* no reporta diferencia significativa. Por otra parte, en las extracción etonólica en las especies de *L. cf castilloi*, *L.latisiliquum* y *P. piscipula* no se encontró diferencia estadística, en *B. alicastrum* con respecto a las especies misionadas presento diferencia estadísticamente significativa. Colín (2005) menciona que para *Erytroxylon compactum* Rose un valor obtenido de 56.3% mientras que para *Senna skinneri* (Benth) fue de 79.2%. Por otra parte Pedraza (2006) indica valores que oscilan entre un rango de 29.09 y 33.36% para algunas especies de eucaliptos, los cuales son valores bajos en comparación con los valores obtenidos en el presente estudio.

Tabla 13. Valores de porcentaje de No. de Stiasny obtenido mediante extracción acuosa y etanólica en el duramen.

Especie	No de Stiasny (%)	
	acuoso	Etanólico
<i>Brosimum alicastrum</i>	76.32 A a	78.92 A a
<i>Lonchocarpus cf castilloi</i>	48.34 A b	56.16 A b
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	41.66 A b	61.33 A b
<i>Piscidia piscipula</i>	22.68 A c	47.29 A b

Letras mayúsculas iguales en renglón significa que no existe diferencia estadística.

Letras minúsculas iguales en columna significa que no existe diferencia estadística.

6.1.12. Taninos hidrolizables.

Los resultados del análisis de los taninos hidrolizables obtenidos mediante extracción acuosa y etanólica nos indica que todas las especie en estudio presentan taninos hidrolizables con coloraciones distintas que van de café oscuro a naranja claro Tabla 14, por lo tanto no se presentó la coloración azul violeta como indica metodología.

Tabla 14. Resultados cualitativos de taninos hidrolizables obtenidos mediante extracción acuosa y etanólica en duramen.

Especie	Taninos hidrolizables			
	Acuosos	Coloración	Etanólico	Coloración
<i>B. alicastrum</i>	+	Naranja- claro	+	Café-claro
<i>L. cf catilloi</i>	+	Verde- oscuro	+	Café
<i>L. latisiliquum</i>	+	Verde- oscuro	+	Amarillo-oscuro
<i>P. piscipula</i>	+	Café	+	Amarillo

7. Conclusiones.

- Los valores de pH de las especies estudiadas de acuerdo a los valores obtenidos se clasifican como ligeramente ácidas, la especie con mayor acidez en el duramen la presentó *Lysiloma latisiliquum*.
- Se encontraron diferencias estadísticas en el contenido de cenizas en las especies estudiadas.
- En el microanálisis de cenizas se encontró variación de los elementos químicos detectados en las especies estudiadas, en general todas las muestras presentan elementos inorgánicos como son: Calcio, Magnesio, Silicio, Azufre y Potasio.
- Las especies de *Brosimum alicastrum*, *Lonchocarpus cf castilloi* presentaron mayor solubilidad a la sosa.
- De acuerdo a la extracción aplicada, la mayor cantidad comprende a *Brosimum alicastrum*.
- En el duramen de *Piscidia piscipula* se encontraron los valores más altos en el contenido de lignina.
- La cantidad de holocelulosa resultó mayor en la especie de *Lysiloma latisiliquum*.
- Para alfa-celulosa se encontraron valores similares en comparación a los reportados para maderas tropicales.
- Las maderas estudiadas presentan bajo contenido de taninos.
- En general todas las muestras de duramen indicaron la presencia de taninos hidrolizable.

8. Bibliografía.

Aguilar Romero R (2006) Caracterización química básica de cinco especies (*Agarista mexicana*, *Arbutus galandulosa*, *Arbutus xalapensis*, *Clethra macrophylla* y *Persea americana*) del estado de Michoacán, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

ASTM D 1103-60 (1978) Método estándar para determinar Alfa-celulosa en la madera. USA.

Amilcar Canul Tun S (2013) Rendimiento y calidad del carbón vegetal elaborado en horno tipo fosa con subproductos forestales de *Piscidia piscipula* (L.) Sarg. Y *Lonchocarpus castilloi* Standl. En Campeche. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

Ávila-Calderón LEA, Rutiaga-Quiñones JG (2014) Componentes químicos de la madera y la corteza de *Haematoxylum brasiletto* Karsten (Leguminosae). Madera y Bosques vol. 20 (2): 153,158.

Bárcenas Pazos G, Dávalos Sotelo R (1999) Importancia de la lignina en las contracciones de la madera: revisión bibliográfica. Madera y Bosques 5(1): 13-26.

Cárdenas Medina JC, Sandoval Castro CA, Solorio Sánchez FJ (2003) Composición química de ensilajes mixtos de gramíneas y especies arbóreas de Yucatán, México. Técnica Pecuaria en México. 283-294.

Castañeda Hernández R (1986) Composición química de la madera de tres especies tropicales de Jalisco. Tesis profesional. Facultad de Agricultura. Universidad de Guadalajara. México.

Colín Urieta S (2005) Determinación experimental de las condiciones óptimas de extracción de taninos a partir de dos cortezas (*Erythroxylon compactum* Rose y *Senna skinneri* (Benth) Irwin & Barneby). Tesis Licenciatura. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

De la Paz Pérez Olvera C, Carmona TF, Rogel GMA (1980) Estudio anatómico de la madera de cuarenta y tres especies tropicales. Bol. Téc. Inst. Nac. Inves. For. México. No. 63. 276p'.

Fengel D, Wegener G (1984) Wood- chemistry, ultrastructure, reactions. Walter de Gruyter. Berlin. New York.

Eduardo Santana MA, Arakaki Okino EY (2007) Chemical composition of 36 Brazilian Amazon forest wood species. *Holzforschung* 61:469-477.

García Corrales H, Guyat Dupuy MA, Martell Díaz O, Capote Pérez V, Aguirre Dorado B (2006) Caracterización química del follaje, la corteza y la madera de cinco especies forestales de la sierra maestra. *Revista forestal Baracoa* 25(1): 57-64.

García Danny E y Medina MG (2006) Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. *Zootecnia Trop.* 24(3): 233-250.

HILLIS W E (1971) Distribution Properties and Formation of Some Wood Stability. *Wood Sc. Technol.* 5: 272-289.

Hillis W E (1984) *Eucalyptus for Wood production.* CSIRO ACADEMIC PRESS.

Honorato-Salazar J.A., G. Colotl-Hernández, F. Apolinar-Hidalgo y J. Aburto (2015) Principales componentes químicos de la madera de Cei-

ba pentandra, *Hevea brasiliensis* y *Ochroma pyramidale*. *Madera y Bosques* 21(2): 131-146.

Kollmann F (1936) *Tecnologie des Holzes*. Springer. Berlin.

Mejía-Díaz LA, Rutiaga-Quiñones JG (2008) Chemical composition of *Schinus molle* L. wood and kraft pulping process. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 7(2): 145-149.

Mondragón Noguez VS (2004) Contribución al conocimiento de la madera de *Lysiloma acapulcensis* (Kunth) Benth. Tesis de maestría. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.

Morelos Molina R (2012) Composición química de la madera de dos especies de latifoliadas. Tesis profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México

Okino E.Y.A, S Resck, M.A.E Santana, C.L da S.C Cruz, P.H.O Santos y V.A.S Falcomer (2010) Evaluation of wood chemical constituents of *Hevea brasiliensis* and *Cupressus* decomposed by *Gloeophyllum striatum* using CP /MAS 13C NM R and HPLC techniques. *Journal of Tropical Forest Science* 22(2):184-196.

Richter HG, Silva Guzmán JA, Fuentes Talavera FJ, Rodríguez Anda R, Torres Andrade PA (2012) Industrialización, Comercialización y Desarrollo Sostenible de Diez Especies de Maderas Nativas Mexicanas. *Fichas de Propiedades Tecnológicas de las Maderas* (7): 14-32.

Rivera Inga P, Uceda Castillo M (2014) Características Físico – Químicas de la madera y carbón de once especies forestales de la amazonia Peruana. *Revista Forestal del Perú* 14(12): 1-8.

Rowell M R (1984) The chemistry of solid Wood. American Chemistry society. Washington, D. C, U. S. A.

Runkel ROH, Wilke KD (1951) Zur Kenntnis des thermoplastischen Verhaltens von Holz. Holz Roh Werkstoff. 9: 260-270.

Rutiaga-Quiñones JG, Pedraza-Bucio FE, López-Albarrán P (2010) Componentes químicos de la madera de *Dalbergia granadillo* Pittier Y de *Platymiscium lasiocarpum* Sandw. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 16(2): 179-186.

Rutiaga-Quiñones JG (2001) Chemische und biologische Untersuchungen zum Verhalten dauerhafter Holzarten und ihrer Extrakte gegenüber holzabbauenden Pilzen. Buchverlag Gräfeffing. München.

Pedraza Bucio FE (2006) Composición química de la corteza de 4 Especies de Eucalipto y evaluación de las propiedades de sus extractos tánicos. Tesis de Maestría. Morelia; Mich.

Petterson RC (1984) The chemical composition of Wood. In Rowell RM (Ed) The chemistry of solid of Wood American chemical society. Washington. DC, USA. pp 57- 126.

Porres C., J Valladares (1979) Producción de pulpa y papel con materias primas autóctonas Centroamericanas. I. Producción de pulpa con 17 maderas tropicales Del Petén. Guatemala, empleando el proceso "KRAFT" o al "SULFATO". ICAITI.

TAPPI (2000) Test Methods TAPPI Press. Atlanta.

Téllez-Sánchez C, Ochoa-Ruiz HG, Sanjuán-Dueñas R, Rutiaga-Quiñones JG (2010) Chemical components of heartwood in *Andira inermis* (W. Wright) DC (*Leguminosae*). Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 16(1):87-93.

Tení Milián DM (2008) Tamizaje fotoquímico, extracción fraccionada y evaluación biocidica del extracto diclorometánico y metanolito de *Brosimum alicastrum Swartz* (Ramón) fruto, semilla y hojas. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Torelli N (1982) Estudio promocional de 43 especies forestales mexicanas. Programa de cooperación Científica y Técnica México-Yugoslavia. SARH. SFF. México. 73 p.

Turng L.-S, Yuan M, Knarbas H, Winata H, Cualfiel DF (2003) Applications of nanocomposites and woodfiber plastics microcellular injection molding. In: Forest Products Society (Ed) Seventh international Conference on Woodfiber-Plastic Composites. Madison. WI. USA pp. 215- 225.

Sandermann W, Rothkamm M (1959) Über die Bedeutung der pH-Weter von Handelshölzern und deren Bedeutung für die Praxis. Holz Roh Werkstoff. 17: 433-440.

Sanjuán-Dueñas R (1997) Obtención de pulpa y propiedades de las fibras para papel. Agata Editores. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México

Shiraishi N, Minemura N, Mizumachi H, Nakatsubo F, Nicolas D Norimoto M, Saka S, Sakai K, Sakakibara A, Sano Y, Shhimizu K, Umezawa T, Yoschioka M, Arima T, Baeza J, Freer J, Fujita M, Gellerstedt G, Harada H, Hattori T, Horii F, Ishii T, Isogai A, Lai Y-Z (1991) Wood and Cellulose Chemistry, p 1225. (in: David N, Hon SC (Eds). University South California. U. S).

Velásquez Méndez LE (2014) Especies forestales comerciales de petén. Catálogo. Guatemala.

Walia K.Y, K Kishore, D Vasu y D.K Gupta 2009. Physicochemical analysis of *Ceiba pentandra* (Kapok). International Journal of Theoretical and Applied Sciences 1(2):15-18.

Waterman PG, Mole S (1994) Blackwell Scientific Publications, pp 85 – 96.

Wise (1946) In: Sanjuán Dueñas R. (1991) Guía práctica para la especialidad en celulosa y papel I. Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guadalajara, México.

Yazaki Y, Hillis WE (1977) Polyphenolic extractives of pinus radiata bark Holzforschung. 31: 20-25.

Zaki J.A, S Muhammed, A Shafie y W.R.W Daud (2012) Chemical properties of juvenile latex timber clone rubberwood trees. Malaysian Journal of Analytical Sciences 16(3): 228-234.

Hemerografía de internet

<http://www.inafed.gob.mx>

<http://www.verarboles.com/Ojoche/ojoche.html#>

<http://tropical.theferns.info/viewtropical.php?id=Lonchocarpus>

<http://www.regionalconservation.org>

<http://7song.com/blog/2014/02/a-jamaican-dogwood-story>