



## COMPONENTES QUÍMICOS DEL DURAMEN DE *Andira inermis* (W. Wright) DC. (Leguminosae)

### CHEMICAL COMPONENTS OF HEARTWOOD IN *Andira inermis* (W. Wright) DC. (Leguminosae)

C. Téllez-Sánchez<sup>1</sup>; H. G. Ochoa-Ruiz<sup>2</sup>; R. Sanjuan-Dueñas<sup>2</sup>; J. G. Rutiaga-Quiñones<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tesista de Maestría en Ciencias y Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Apartado Postal 580. C. P. 58000. Morelia, Michoacán. MÉXICO.

<sup>2</sup>Departamento de Madera, Celulosa y Papel "Ing. Augustin Karl Grellmann". Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco. MÉXICO.

<sup>3</sup>Director de tesis. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Apartado Postal 580. C. P. 58000 Morelia, Michoacán. MÉXICO. Correo-e: cornelio.tellez.sanchez@gmail.com, ochoa@dmcp.cucei.udg.mx, rsanjuan@dmcp.cucei.udg.mx, rutiaga@umich.mx

#### RESUMEN

Se realizó un análisis químico del duramen de *Andira inermis* para determinar los principales componentes químicos. Los resultados encontrados fueron: pH de 5.9, 0.71 % de sustancias inorgánicas, 19.1 % de sustancias extraíbles, 34.2 % de lignina y 65.78 % de polisacáridos. En las cenizas se detectó la presencia de calcio, magnesio, azufre y silicio. Las sustancias fueron obtenidas mediante extracción sucesiva con ciclohexano, cloroformo, acetona y metanol en equipo Soxhlet y finalmente con agua caliente bajo reflujo. La solubilidad del duramen fue mayor en acetona (8.6 %) y en metanol (5.3 %); el contenido total de sustancias extraíbles fue de 19.1 %.

Recibido: 16 de noviembre, 2009  
Aceptado: 12 de enero, 2010  
doi: 10.5154/r.rchscfa.2009.11.046  
<http://www.chapingo.mx/revistas>

**PALABRAS CLAVE:** maderas tropicales, pH, cenizas, extraíbles, lignina, polisacáridos.

#### ABSTRACT

A chemical analysis was performed on the heartwood of *Andira inermis* to identify its main chemical components. The results found were: pH 5.9, 0.71% inorganic substances, 19.1 % extractives, 34.2 % lignin and 65.78 % polysaccharides. In ash, the following components were detected: calcium, magnesium, sulfur and silicon. To obtain the extractives content, the heartwood meal was subjected to sequential extraction with cyclohexane, chloroform, acetone and methanol in Soxhlet equipment and later in hot water under reflux. Heartwood solubility was higher in acetone (8.6 %) and methanol (5.3 %), and the total content of extractives was 19.1 %.

**KEY WORDS:** tropical woods, pH, ash, extractives, lignin, polysaccharides.

#### INTRODUCCIÓN

*Andira inermis*, conocida en Michoacán como quiringuca o cuilimbuca, es una árbol de la familia *Leguminosae*, que vegeta en la vertiente del Pacífico mexicano, desde Nayarit hasta Chiapas y en el Golfo, sólo en Tabasco; alcanza los 25 m de altura y 1.20 m de diámetro, a la altura de 1.30 m del suelo (Niembro, 1990; Pennington y Sarukhán, 1998). Su madera, caracterizada por Téllez *et al.* (2009), presenta porosidad difusa y marcada diferencia entre el color de la albura (amarillo pálido) y su duramen (rojizo amarillento), es de densidad alta y de contracción media. Es una especie subutilizada, pues su madera se usa localmente como leña, implementos agrícolas y cercas (Téllez *et al.*, 2009), esto, debido a la escasa información relativa a sus propiedades tecnológicas y consecuentemente por la falta de procedimientos adecuados para su

#### INTRODUCTION

*Andira inermis*, known in Michoacán as Quiringuca or Cuilimbuca, is a tree in the family *Leguminosae* which grows along the Mexican Pacific slope, from Nayarit to Chiapas and in the Gulf, but only in Tabasco; it reaches 25 m in height and 1.20 m in diameter, at a height of 1.30 m above the ground. Its wood, characterized by Téllez *et al.* (2009), presents diffuse porosity, a marked difference between the color of the sapwood (pale yellow) and its heartwood (reddish yellow), high density and average contraction. It is an underutilized species in that its wood is only used locally for firewood, agricultural implements and fences (Téllez *et al.*, 2009). This is due to the scarcity of information regarding its technological properties and, consequently, a lack of adequate procedures for its usage. In order to contribute to and complement the existing chemical knowledge of this

aprovechamiento. A fin de contribuir y complementar el conocimiento químico de esta especie, el objetivo del presente trabajo fue determinar la cantidad de los componentes químicos del duramen.

species, the objective of this study was to determine the amount of chemical components in its heartwood.

---

## MATERIALES Y MÉTODOS

---

## MATERIALS AND METHODS

### Colecta y habilitación del material

### Material collection and preparation

La muestra para este estudio fue una rodaja de 30 cm de espesor, tomada a 1.30 m del tocón de un árbol colectado en el predio denominado "Los Chupaderos" del municipio de Arteaga, Michoacán, México, ubicado en las coordenadas 18° 10' LN - 18° 50' LN y 101° 51' LO - 102° 45' LO (Plan de Desarrollo Municipal, 2001).

The sample for this study was a 30-cm thick slice taken at 1.30 m from the stump of a tree cut down on a property called "Los Chupaderos" in the municipality of Arteaga, Michoacán, Mexico, located at coordinates 18° 10' LN - 18° 50' LN and 101° 51' LO - 102° 45' LO (Municipal Development Plan, 2001).

De la rodaja se separó el duramen de la albura y de él se obtuvieron tablillas de 4x4x10 cm, que fueron astilladas y secadas al aire libre. Las astillas secas se molieron en un equipo Wiley y se tamizaron, obteniendo la fracción de malla 40 usada en el análisis químico. Las determinaciones fueron realizadas por duplicado.

Once separated from the sapwood portion of the slice, the heartwood was cut into small 4x4x10 cm boards, which were chipped and dried outdoors. The dried chips were ground using Wiley equipment and then sifted, obtaining the 40 mesh fraction used in the chemical analysis. The determinations were performed in duplicate.

### Análisis químico

### Chemical analysis

#### pH

#### pH

La determinación del pH (Moisture pH; MpH) se basó en el método de Sandermann y Rothkamm (1959) y fue medido con un potenciómetro marca HANNA, en harina del duramen sin extraer.

The determination of pH (Moisture pH; MpH) was based on the Sandermann and Rothkamm method (1959) and measured with a HANNA-brand potentiometer, using unextracted heartwood meal for the analysis.

### Sustancias inorgánicas

### Inorganic Substances

El contenido de sustancias minerales del duramen se calculó gravimétricamente, después de quemar cuidadosamente con mechero la harina de duramen 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).

The content of mineral substances in the heartwood was calculated gravimetrically after carefully burning the unextracted heartwood meal with a burner, and later calcined in a muffle furnace at 525 °C, using nickel crucibles, in keeping with standard T 211 om-93 (Tappi, 2000).

El microanálisis de las cenizas obtenidas se realizó con 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.

Microanalysis of the ash obtained was carried out with an X-ray spectrometer, fitted to a Joel-brand scanning electron microscope, model JSM-6400. Operating conditions for the analysis were 20 kV and 8.5 seconds.

### Contenido de sustancias extraíbles

### Content of extractives

Para determinar la cantidad total de sustancias extraíbles se aplicó una extracción sucesiva en equipo Soxhlet con los siguientes solventes: ciclohexano (CH), cloroformo (CF), acetona (ACE) y metanol (MET), finalmente agua caliente bajo reflujo (AC).

To determine the total amount of extractives, sequential extraction was performed in Soxhlet equipment with the following solvents: cyclohexane (CH), chloroform (CF), acetone (ACE) and methanol (MET), and finally hot water under reflux (HW).

This sequence has been previously tested in the tropical woods *Maclura pomifera* (Wang and Hart, 1983)

Esta secuencia ya ha sido probada con anterioridad en las maderas tropicales *Maclura pomifera* (Wang y Hart, 1983) y *Enterolobium cyclocarpum* (Ochoa *et al.*, 1995).

Para los solventes orgánicos la extracción fue de cuatro horas y para la extracción en agua caliente de tres horas. Los solventes fueron recuperados en un rotavapor aplicando vacío y el extracto respectivo fue colocado en un desecador hasta peso constante. La harina de duramen, después de la extracción sucesiva es designada como harina libre de extraíbles, y fue usada para determinar lignina y polisacáridos.

### Lignina

El contenido de lignina en la harina del duramen se determinó de conformidad con la norma T 222 om-98 (Tappi, 2000).

### Polisacáridos

La determinación del contenido de polisacáridos se llevó a cabo mediante hidrólisis total en harina libre de extraíbles. Este análisis se realizó por duplicado y se realizó de la manera siguiente: se pesaron 0.3 g una muestra de harina de duramen libre de sustancias extraíbles, se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 500 mL y se sometió a una hidrólisis ácida con ácido sulfúrico al 72 %, durante una hora. Finalizada la digestión, la muestra hidrolizada fue diluida añadiendo 84 mL de agua destilada, posteriormente la hidrólisis fue reforzada en autoclave, durante una hora a 120 °C a 7.5 kg·cm<sup>-2</sup>. Posteriormente se enfrió y neutralizó a un pH de 5.5 con una solución saturada de hidróxido de bario (5.6 g en 100 mL de agua) y se sometió a filtración en una membrana de nylon de 0.45 µm y 47 mm de diámetro. El filtrado se ajustó a pH alcalino (entre 11 y 12) y se aforó a 250 mL. Finalmente una muestra de 5 µL del filtrado se inyectó y analizó en un equipo de cromatografía líquida de alta presión marca Dionex 500.

---

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Determinación de pH

El pH del duramen de *A. inermis* fue de 5.9, valor que se encuentra en el rango (3.7 a 8.2) reportado para maderas tropicales (Fengel y Wegener, 1984) y similar al reportado para duramen de algunas especies tropicales mexicanas: *Swietenia macrophylla* (5.3), *Manilkara zapota* (5.3) y *Cedrela odorata* (5.6) (Rutiaga, 2001).

### Sustancias inorgánicas

La cantidad de cenizas encontrada en el duramen de *A. inermis* fue de 0.71 %, valor que se encuentra dentro del rango (0.2 a 3.4 %) reportado para maderas tropicales, aunque en estas especies, existe alta variabilidad y son comunes los valores mayores (Fengel y Wegener, 1984);

and *Enterolobium cyclocarpum* (Ochoa *et al.*, 1995).

Extraction by means of organic solvents took four hours, and extraction in hot water three hours. The solvents were recovered in a rotary evaporator and the respective extract was placed in a desiccator until constant weight was reached. The heartwood meal, which after sequential extraction is designated as extractive-free, was used to determine lignin and polysaccharides.

### Lignin

The lignin content of the heartwood meal was determined in accordance with standard T 222 om-98 (Tappi, 2000).

### Polysaccharides

The determination of polysaccharide content was carried out by total hydrolysis on extractive-free heartwood. This analysis was performed in duplicate and conducted as follows: a 0.3-g sample of extractive-free heartwood meal was placed in a 500-mL Erlenmeyer flask and subjected to acid hydrolysis with sulfuric acid at 72 %, for an hour. Following digestion, the hydrolyzed sample was diluted by adding 84 mL of distilled water, after which the hydrolysis was enhanced by autoclaving for one hour at 120 °C at 7.5 kg·cm<sup>-2</sup>. It was then cooled and neutralized to pH 5.5 with a saturated solution of barium hydroxide (5.6 g in 100 mL of water) and filtered through a nylon membrane, pore size 0.45 µm and diameter 47 mm. The filtrate was adjusted to alkaline pH (between 11 and 12) and diluted to 250 mL. Finally, a 5-µL-filtrate sample was injected and analyzed in a Dionex DX-500 high-pressure liquid chromatograph.

---

## RESULTS AND DISCUSSION

### pH determination

The pH of the *A. inermis* heartwood was 5.9, a value which is within the range (3.7 to 8.2) reported for tropical woods (Fengel and Wegener, 1984) and similar to that reported for the heartwood of some tropical Mexican species: *Swietenia macrophylla* (5.3), *Manilkara zapota* (5.3) and *Cedrela odorata* (5.6) (Rutiaga, 2001).

### Inorganic substances

The amount of ash found in the *A. inermis* heartwood was 0.71 %, which is within the range (0.2 to 3.4 %) reported for tropical woods, although high variability and often higher values are found in these species (Fengel and Wegener, 1984); for example, a low value (0.08 %) has been found for *Misanteca pekii*, a high one (6.5 %) for *Poulsania armata*

por ejemplo, se ha encontrado un valor bajo (0.08 %) para *Misanteca pekii*, alto (6.5 %) para *Poulsania armata* (Torelli y Èufar, 1995) y algunos valores intermedios, para duramen, que van de 0.36 % para *Swietenia macrophylla*, 0.66 % para *Cedrela odorata*, de 0.78 % para *Manilkara zapota* (Rutiaga, 2001) y de 2.4 % para *Ceiba pentandra* (Pettersen, 1984).

El resultado del microanálisis de las cenizas mediante Rayos X, arrojó los siguientes datos: Calcio (74.4 %), Magnesio (21.96 %), Azufre (2.64 %) y Silicio (0.96 %). Con el Microscopio Electrónico de Barrido fue posible observar cristales de calcio, elemento presente en mayor proporción en las muestras de cenizas analizadas, destacando la forma de los cristales prismática y hexagonal, muy finos y homogéneos (Figura 1).

El calcio y el magnesio son reportados como elementos químicos más abundantes en la madera (Fengel y Wegener, 1984), lo que se corrobora en el presente estudio, asimismo, es conocido que el silicio, también detectado en *A. inermis*, se presenta con mayor frecuencia y es típico en maderas tropicales (Fengel y Wegener, 1984; Hillis, 1987), y ha sido encontrado en duramen de *Cedrela odorata* y de *Swietenia macrophylla* (Rutiaga, 2001). De esta manera, el resultado del microanálisis del duramen de *A. inermis* coincide con la literatura para maderas latifoliadas (Fakankun y Loto, 1990, Okada et al., 1993).

### Sustancias extraíbles

El proceso de extracción arrojó los siguientes resultados: 0.9 % en ciclohexano, 1.4 % en cloroformo, 8.6 % en acetona, 5.3 % en metanol y 2.9 % en agua caliente (Figura 2), dando un total de 19.1 %. Mediante una extracción sucesiva con solventes de polaridad creciente, como se realizó en el presente estudio, se logra una separación de las sustancias solubles de la madera en clases o tipos de sustancias (Hillis, 1971; Fengel y Wegener, 1984) y en los rendimientos respectivos de la extracción se refleja el carácter de los respectivos solventes utilizados, y aunque es difícil de lograr una separación exacta y fina entre solvente y solvente es una ventaja si se considera realizar posteriormente un análisis químico de dichas sustancias.

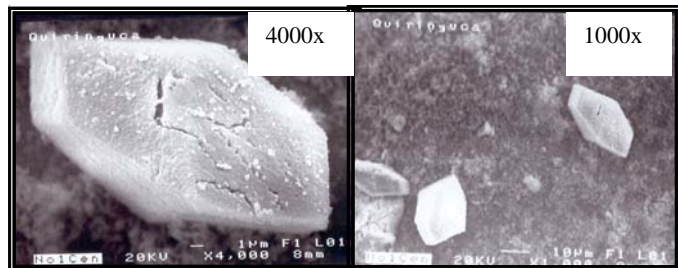


FIGURA 1. Cristales de calcio en las cenizas de *A. inermis*.

FIGURE 1. Calcium crystals in the ashes of *A. inermis*.

(Torelli and Èufar, 1995) and some intermediate values for heartwood, ranging from 0.36 % for *Swietenia macrophylla*, 0.66 % for *Cedrela odorata*, 0.78 % for *Manilkara zapota* (Rutiaga, 2001) and 2.4 % for *Ceiba pentandra* (Pettersen, 1984).

Results of the X-ray microanalysis of the ash were as follows: calcium (74.4 %), magnesium (21.96 %), sulfur (2.64 %) and silicon (0.96 %). Using the scanner electronic microscope, it was possible to observe calcium crystals, an element present in greater proportion in the ash samples analyzed, highlighting the very fine and homogenous shape of the hexagonal prismatic crystals (Figure 1).

Calcium and magnesium are reported as the most abundant chemical elements in wood (Fengel and Wegener, 1984), which is corroborated in this study. In addition, it is known that silicon, also detected in *A. inermis*, occurs with greater frequency and is typical of tropical woods (Fengel and Wegener, 1984; Hillis, 1987), and has been found in the heartwood of *Cedrela odorata* and *Swietenia macrophylla* (Rutiaga, 2001). Thus, the result of the microanalysis of the *A. inermis* heartwood coincides with the literature for hardwoods (Fakankun and Loto, 1990, Okada et al., 1993).

### Extractives

The extraction process yielded the following results: 0.9 % in cyclohexane, 1.4 % in chloroform, 8.6 % in acetone, 5.3 % in methanol, and 2.9 % in hot water (Figure 2), giving a total of 19.1 %. By sequential extraction with solvents of increasing polarity, as performed in this study, a separation of the soluble substances of the wood into classes or types of substances is achieved (Hillis, 1971; Fengel and Wegener, 1984). In addition, the respective extraction yields reflect the character of the respective solvents used, and although it is difficult to achieve a fine and exact separation between one solvent and another, it is an advantage if one later decides

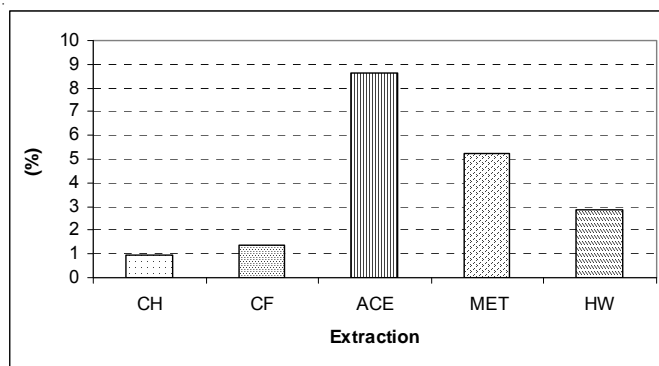


FIGURA 2. Contenido de extraíbles en los diferentes solventes (%).

FIGURE 2. Content of extractives in the different solvents (%).



La mayor solubilidad del duramen fue con acetona, seguida por metanol y agua y las cantidades menores correspondieron al grupo de los solventes no polares (Figura 2). Este patrón de menor solubilidad con los solventes no polares, seguida de mayor solubilidad con solventes de polaridad media y disminuyendo nuevamente en la extracción acuosa fue observado también en los resultados de una extracción sucesiva en duramen de *Enterolobium cyclocarpum* (Ramos *et al.*, 2003), pero también hay reportes en donde, al aplicar igualmente una extracción sucesiva con solventes de polaridad creciente, la solubilidad mayor ocurre en solventes de polaridad media o polares, como el caso de *Lysiloma acapulcensis* (Mondragón *et al.*, 2004) o en *Schinus molle* (Mejía y Rutiaga, 2008), lo que refleja la variabilidad que en la madera puede existir, aunado esto a otros factores ambientales y genéticos, edad del árbol, clima, cantidad de agua suministrada, nutrientes disponibles y época de corta (Hillis 1971; Hon y Shiraishi 2001).

Por su alto contenido de sustancias extraíbles, sobre todo en acetona, solvente que tiene la capacidad de extraer compuestos biológicamente activos que inhiben en desarrollo de microorganismos (Rutiaga, 2001; Velásquez *et al.*, 2006), pudiera esperarse que el duramen de esta especie, presente alta durabilidad natural, pues existen evidencias de una relación entre la resistencia de la madera al biodeterioro y el contenido de sustancias extraíbles (Viitanen *et al.*, 1997), pero finalmente esta resistencia dependerá de la composición química intrínseca de cada sustancia extraíble en particular.

## Lignina

La cantidad de lignina encontrada en el duramen fue 34.2 %, valor igual al reportado para *Tectona grandis* (34.2 %) (Fengel y Wegener, 1984) y similar al encontrado en duramen de la misma especie *Tectona grandis* de Panamá (34.3 %) (Windeisen *et al.*, 2009) y para el reportado en duramen de *Cedrela odorata* (34.4 %) (Rutiaga, 2001). Sin embargo, aun cuando en especies tropicales suelen encontrarse valores relativamente altos de lignina, existe variación, un ejemplo son los siguientes datos: para *Triplochiton sceroxylon* 21.3 % (Fengel y Wegener, 1984), *Spondias mombin* 19.0 %, *Ceiba pentandra* 22.0 %, *Bursera simaruba* 23.0 % y *Brosimum alicastrum* 27.0 % (Pettersen, 1984) y *Lophira alata* 39.8 % (Fengel y Wegener, 1984). El alto contenido de lignina en *A. inermis*, puede explicar sus altos valores en densidad y resistencia mecánica (Téllez *et al.*, 2009), pues es conocido que este componente químico de la pared celular influye en estas propiedades de la madera (Fengel y Wegener, 1984).

## Polisacáridos

El resultado del análisis de los polisacáridos fue el siguiente: manosa (0.01 %), arabinosa (0.94 %), galactosa (1.01 %), xilosa (12.50 %) y glucosa (51.32 %), dando un total de 65.78 %. Estos son precisamente los cinco azúcares que se presentan en madera con mayor frecuencia

to conduct a chemical analysis of these substances.

Heartwood solubility was higher in acetone, followed by methanol and water and the smaller amounts corresponded to the group of non-polar solvents (Figure 2). This pattern of lower solubility in non-polar solvents, followed by higher solubility in medium-polarity solvents and decreasing again in the aqueous extraction was also observed in the results of sequential extraction in *Enterolobium cyclocarpum* heartwood (Ramos *et al.*, 2003), but there are also reports where, upon equally applying sequential extraction with increasing-polarity solvents, greater solubility occurs in polar or medium-polarity solvents, as in the case of *Lysiloma acapulcensis* (Mondragón *et al.*, 2004) or *Schinus molle* (Mejía and Rutiaga, 2008), which reflects the variability that can exist in wood, coupled with other environmental and genetic factors, tree age, climate, amount of water supplied, available nutrients and cutting season (Hillis 1971; Hon and Shiraishi 2001).

Because of its high content of extractives, especially acetone, a solvent that is capable of extracting biologically active compounds that inhibit microorganism development, it might be expected that the heartwood of this species would have high natural durability, as there is evidence of a relationship between wood resistance to bio-deterioration and the content of extractives (Viitanen *et al.*, 1997), but in the final analysis this resistance depends on the intrinsic chemical composition of each particular extractive.

## Lignin

The amount of lignin found in the heartwood was 34.2 %, a value equal to that reported for *Tectona grandis* (34.2 %) (Fengel and Wegener, 1984) and similar to that found in the heartwood of the same species, *Tectona grandis*, in Panama (34.3 %) (Windeisen *et al.*, 2009) and reported for *Cedrela odorata* heartwood (34.4 %) (Rutiaga, 2001). However, even though relatively high lignin values are found in tropical species, there is variation, as shown by the following data: for *Triplochiton sceroxylon* 21.3 % (Fengel and Wegener, 1984), *Spondias mombin* 19.0 %, *Ceiba pentandra* 22.0 %, *Bursera simaruba* 23.0 % and *Brosimum alicastrum* 27.0 % (Pettersen, 1984) and *Lophira alata* 39.8 % (Fengel and Wegener, 1984). The high lignin content in *A. inermis* may explain its high density and mechanical strength values (Téllez *et al.*, 2009), since it is known that this chemical component in cell walls influences these wood properties (Fengel and Wegener, 1984).

## Polysaccharides

Results for the analysis of polysaccharides were as follows: mannose (0.01 %), arabinose (0.94 %), galactose (1.01 %), xylose (12.50 %) and glucose (51.32 %), giving a total of 65.78 %. These are the five sugars present in wood

(Fengel y Wegener, 1984) y se han detectado también las maderas tropicales mexicanas de *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla* y *Manilkara zapota* (Rutiaga, 2001). En este estudio destaca el mayor contenido de xilosa, en comparación con la manosa, arabinosa y la galactosa, lo que es típico para maderas tropicales (Wagenführ y Scheiber, 1974) y en latifoliadas (Fengel y Wegener, 1984).

with greater frequency (Fengel and Wegener, 1984), and they have also been detected in the Mexican tropical woods of *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla* and *Manilkara zapota* (Rutiaga, 2001). The higher content of xylose, compared with mannose, arabinose and galactose, which is typical for tropical woods and hardwoods (Fengel and Wegener, 1984), is one of the key findings of this study.

---

### CONCLUSIONES

La composición química básica determinada en duramen de *A. inermis* coincide en general con datos de la literatura para maderas tropicales. El duramen es ligeramente ácido (pH = 5.9), con bajo contenido de sustancias minerales (0.71 %), alta solubilidad (19.1 %), alto contenido de lignina (34.2 %). En las cenizas se detectó la presencia de calcio, magnesio, azufre y silicio, calcio en mayor proporción, elementos típicos en maderas. La mayor solubilidad del duramen fue con acetona, seguida por metanol y agua y las cantidades menores correspondieron al grupo de los solventes no polares. El análisis de polisacáridos reflejó el esquema típico para maderas tropicales con relativamente alto contenido de xilosa.

---

### CONCLUSIONS

The basic chemical composition determined in *A. inermis* heartwood generally coincides with the data published for tropical woods. The heartwood is slightly acidic (pH = 5.9), with low mineral content (0.71 %), high solubility (19.1 %), and high lignin content (32.4 %). In the ash, the presence of calcium, magnesium, sulfur, and silicon were detected, with calcium in greater proportion, but all typical elements in wood. The greater solubility of heartwood was in acetone, followed by methanol and water and smaller amounts corresponding to the group of non-polar solvents. Polysaccharide analysis showed the typical pattern for tropical woods with relatively high xylose content.

---

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana el apoyo al Proyecto CIC-JGRQ-21.3, dentro de la cual se desarrolló este estudio. La identificación botánica de las especies estudiadas se agradece profundamente al M. C. Xavier Madrigal Sánchez, Profesor Investigador de la misma Universidad.

---

### ACKNOWLEDGMENTS

The Scientific Research Coordination Office of the Universidad Michoacana is thanked for supporting Project CIC-JGRQ-21.3, within which this study was developed. Special thanks also go to M. C. Xavier Madrigal Sánchez, professor/researcher of the same university, for his botanical identification of the species studied.

---

### LITERATURA CITADA

- FAKANKUN, O. A.; LOTO, C. A. 1990. Determination of cations and anions in the ashes of some medicinally used tropical woods. *Wood Sci. Technol.* 24: 305-310.
- FENGEL, D.; WEGENER, G. 1984. *Wood – chemistry, ultrastructure, reactions.* Walter de Gruyter. Berlin. New York.
- HILLIS, W. E. 1971. Distribution Properties and Formation of Some Wood Stability. *Wood Sc. Technol.* 5: 272-289.
- HILLIS, W. E. 1987. *Heartwood and tree exudates.* Springer Berlin, Hamburg.
- HON, D. N.-S.; SHIRAISHI, N. 2001. *Wood and Cellulose Chemistry.* 2<sup>nd</sup> Ed. Marcel Dekker, Inc. New York.
- 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.
- MONDRAGÓN-NOGUEZ, V. S.; OCHOA-RUIZ, H. G.; SANJUÁN-DUEÑAS, R.; RUTIAGA-QUIÑONES, J. G. 2004. Sobre la composición química del duramen de tepehuaje. V Congreso Mexicano de Tecnología de Productos Forestales. Pachuca, México. Memorias, pp. 1-2.
- OCHOA-RUIZ, H. G.; BRAVO-GARCÍA, L. R.; ENRIQUE-ALDAY, M.; LOMELÍ-RAMÍREZ, M. G. 1995. Aislamiento y Caracterización

*End of English Version*

- de Extractos Maderables. *Avances de Ingeniería Química* 5(2): 161- 165.
- OKADA, N.; KATAYAMA, Y.; NOBUCHI, T.; ISHIMARU, Y.; AUKI, A. 1993. Trace Elements in the Stems of Trees. VI. Comparisons of radial distribution among hardwoods stems. *Mokuzai Gakkaishi* 39(10): 1119-1127.
- PETTERSEN, R. C. 1984. The Chemical Composition of Wood, pp. 57-126 (*In*: Rowell R (Ed.) *The Chemistry of Solid Wood.* American Chemistry Society. Washington.
- PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL (1999-2001). Ayuntamiento Municipal Arteaga, Michoacán. México.
- RAMOS-PANTALEÓN, D.; RUTIAGA-QUIÑONES, J. G.; OCHOA-RUIZ, H. G. 2003. Contenido de extraíbles en la madera de parota. VI Congreso Mexicano de Recursos Forestales. San Luis Potosí, México. Memorias, pp. 289-290.
- RUTIAGA-QUIÑONES, J. G. 2001. Chemische und biologische Untersuchungen zum Verhalten dauerhafter Holzarten und

- ihrer Extrakte gegenüber holzabbauenden Pilzen. Buchverlag Gräfelting. München.
- SANDERMANN, W.; ROTHKAMM, M. 1959. Über die Bedeutung der pH-Werte von Handelshölzern und deren Bedeutung für die Praxis. Holz Roh- Werkst. 17: 433-440.
- TAPPI. 2000. Tappi Test Methods. TAPPI Press. Atlanta.
- TÉLLEZ-SÁNCHEZ, C.; HERRERA-FERREYRA, M. A.; RUTIAGA-QUIÑONES, J. G. 2009. Anatomía, física y mecánica de la madera de *Andira inermis* (W. Wright) DC. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 15(1): 15-21.
- TORELLI, N.; ÈUFAR, K. 1995. Mexican tropical hardwoods. Comparative study of ash and silica content. Holz Roh- Werkst. 53: 61-62.
- VELÁSQUEZ, J., M. E. TORO, L. ROJAS Y O. ENCINAS. 2006. Actividad antifúngica *in vitro* de los extractivos naturales de especies de latofoliadas de la Guayana Venezolana. Madera y Bosques 12(1): 51-61.
- VIITANEN, H.; PAAJANEN, L.; SARANPÄÄ, P.; VIITANIEMI, P. 1997. Durability of larch (*Larix* sp.) wood against brown-rot fungi. The International Research Group on Wood Preservation. Document num. IFG/WP/97-10228.
- WANG, S.; HART, J. H. 1983. Heartwood Extractives of *Maclura pomifera* and their role in decay resistance. Wood and Fiber Science 15: 290-301.
- WAGENFÜHR, R.; SCHEIBER, CHR. 1974. Holzatlas. VEB Fachbuch. Leipzig.
- WINDEISEN, E., KLASSEN, A.; WEGENER, G. 2003. On the chemical characterisation of plantation teakwood from Panama. Holz als Roh- und Werkstoff 61: 416-418.