



## COMPONENTES QUÍMICOS PRINCIPALES DE LA MADERA DE *Dalbergia granadillo* Pittier Y DE *Platymiscium lasiocarpum* Sandw.

### MAIN CHEMICAL COMPONENTS OF *Dalbergia granadillo* Pittier AND *Platymiscium lasiocarpum* Sandw WOOD.

J. G. Rutiaga-Quiñones; F. E. Pedraza-Bucio; P. López-Albarrán

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Apartado Postal Núm. 580. C. P. 58000 Morelia, Michoacán. MÉXICO.

#### RESUMEN

Se realizó un análisis químico de la madera (duramen, zona de transición y albura) de dos especies tropicales (*Dalbergia granadillo* y *Platymiscium lasiocarpum*) de acuerdo a las normas ASTM. Los componentes químicos determinados fueron: cenizas, extraíbles (etanol-benceno, agua caliente y agua a temperatura ambiente), lignina y holocelulosa. Las cantidades de componentes químicos encontrados en las muestras de madera variaron de la siguiente manera: cenizas (0.62 a 1.84 %), solubilidad total (10.19 a 33.35 %), lignina (25.24 a 27.24 %) y holocelulosa (49.24 a 55.25 %). El análisis estadístico de varianza de los resultados indicó que la cantidad de componentes químicos es diferente estadísticamente ( $P < 0.05$ ) entre las dos especies y los tres tipos de madera.

Recibido: 23 de abril, 2010  
Aceptado: 21 de junio, 2010  
doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.04.023  
<http://www.chapingo.mx/revistas>

**PALABRAS CLAVE:** Química de la madera, duramen, albura, extraíbles, holocelulosa, lignina, cenizas

#### ABSTRACT

A chemical analysis of the wood (heartwood, transition zone and sapwood) of two tropical species (*Dalbergia granadillo* and *Platymiscium lasiocarpum*) was conducted according to ASTM standards. The chemical components determined were: ash, extractives (ethanol-benzene, hot water and water at ambient temperature), lignin and holocellulose. The amounts of chemical compounds found in the wood samples ranged as follows: ash (0.62 to 1.84 %), total solubility (10.19 to 33.35 %), lignin (25.24 to 27.24 %) and holocellulose (49.24 to 55.25 %). The statistical analysis of variance of the results indicated that the amount of chemical components is statistically different ( $P < 0.05$ ) between the two species and the three types of wood.

**KEY WORDS:** Wood chemistry, heartwood, sapwood, extractives, holocellulose, lignin, ash

#### INTRODUCCIÓN

*Dalbergia granadillo* Pittier (zangalica, granadillo, cocobolo mexicano) es un árbol de la familia *Leguminosae* (Mc Vaugh, 1987) que se desarrolla en México en el bosque tropical caducifolio, desde Jalisco hasta Chiapas y también en Quintana Roo (Niembro, 1990). Su madera presenta marcada diferencia entre el duramen castaño rojizo oscuro con vetas casi negras y la albura de color amarillo; por sus propiedades acústicas, es muy apreciada por los artesanos de Michoacán en la elaboración de instrumentos musicales, principalmente guitarras de estudio y de concierto (Guridi, 1996), y también se usa para elaborar artesanías, mangos para cuchillos, castañuelas, teclas de marimba y decoración en general (Díaz y Huerta, 1986; Niembro, 1990). Se ha reportado que el extracto etanol-benceno del duramen de esta madera inhibe el desarrollo del hongo *Trichoderma*

#### INTRODUCTION

*Dalbergia granadillo* Pittier (zangalica, granadillo, Mexican cocobolo) is a tree of the family *Leguminosae* (Mc Vaugh, 1987) that grows in the tropical deciduous forests of Mexico, from Jalisco to Chiapas and also in Quintana Roo (Niembro, 1990). Its wood shows a marked difference between the dark reddish brown heartwood with almost black stripes and the yellow sapwood. Due to its acoustic properties, it is highly prized by the artisans of Michoacan who use it to make musical instruments, mainly studio and concert guitars (Guridi, 1996), and it also used to make handicrafts, knife handles, castanets, marimba keys and assorted decorations (Díaz and Huerta, 1986; Niembro, 1990). It has been reported that the ethanol-benzene extract from the heartwood of this wood inhibits the development of the fungus *Trichoderma viride* (Rutiaga and Rodriguez,

*viride* (Rutiaga y Rodríguez, 1998) y que sus extractos ciclohexánico y etanólico presentan efecto fungistático contra hongos que degradan la madera (Rutiaga *et al.*, 1995; Rutiaga y Windeisen, 2007).

Por su parte, *Platymiscium lasiocarpum* Sandw (granadillo) es un árbol de la misma familia *Leguminosae* (Lawrence, 1959) que se desarrolla en Michoacán, Estado de México, Oaxaca y Jalisco (Mc Vaugh, 1987). Su madera presenta diferencia de color entre el duramen castaño rojizo y la albura amarillo pálido; es apreciada para elaborar claves, piezas de ajedrez, artículos torneados y castañuelas; los guitarreros michoacanos la usan exclusivamente para el diapason de la guitarra de estudio y popular tipo español (Guridi, 1996).

La familia a la que pertenecen estas dos maderas tiene amplia distribución mundial, con alrededor de 500 géneros y varios miles de especies (Robbins *et al.*, 1974); desde el punto de vista maderable, existen numerosas especies distribuidas ampliamente, de las cuales en México se estima que vegetan aproximadamente 150 (Standley, 1922), que poco han sido estudiadas en relación a su composición química. De ahí se plantea el objetivo para este trabajo, determinar la composición química básica de las maderas tropicales *Dalbergia granadillo* y *Platymiscium lasiocarpum*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Un árbol de cada especie fue colectado en un estrato arbóreo de una selva mediana caducifolia con clima templado-cálido en la región de Tomatlán, Jalisco, México (INEGI, 1988). *D. granadillo* (Dg) presentó un diámetro de 30.5 cm medido a 1.30 m, con altura total de 14 m, y *P. lasiocarpum* (PI) un diámetro de 26.8 cm medido a 1.30 m, con altura total de 9 m. De ambos ejemplares se tomó, a la altura de 1.3 m del tocón, una rodaja de 30 cm de espesor, de la cual se obtuvieron muestras representativas de la zona del duramen (D), de la zona de transición (ZT) y de la albura (A). Estas muestras fueron convertidas en harina de madera y luego tamizadas, utilizando la fracción de malla 40 para el análisis químico. Posteriormente se determinó el porcentaje de humedad por el método de deshidratación a  $105 \pm 3$  °C de acuerdo a T 264 cm-97 (TAPPI, 2000).

La determinación de los componentes químicos de la madera se realizó siguiendo en general la metodología de las normas de la ASTM (1981), que a continuación se listan:

|                                    |                  |
|------------------------------------|------------------|
| Material inorgánico                | D 1102-56 (1978) |
| Solubilidad en etanol-benceno (EB) | D 1107-56 (1979) |
| Solubilidad en agua fría (AF)      | D 1110-56 (1977) |
| Solubilidad en agua caliente (AC)  | D 1110-56 (1977) |

1998) and that its cyclohexane and ethanol extracts have a fungistatic effect against wood-degrading fungi (Rutiaga *et al.*, 1995; Rutiaga and Windeisen, 2007).

For its part, *Platymiscium lasiocarpum* Sandw (granadillo) is a tree of the same family *Leguminosae* (Lawrence, 1959) that grows in Michoacan, Mexico State, Oaxaca and Jalisco (Mc Vaugh, 1987). There is a color difference between the wood's reddish brown heartwood and its pale yellow sapwood. It is prized for making keys, chess pieces, turned articles and castanets, and Michoacan guitarists use it exclusively for the fingerboard of the studio and popular Spanish-style guitar (Guridi, 1996).

The family to which these two woods belong is distributed throughout the world, with about 500 genera and several thousand species (Robbins *et al.*, 1974). From the standpoint of timber, there are many widely distributed species, of which about 150 are estimated to grow in Mexico (Standley, 1922), few of which have been studied in relation to their chemical composition. Hence, the objective of this work is to determine the basic chemical composition of the tropical woods *Dalbergia granadillo* and *Platymiscium lasiocarpum*.

## MATERIALS AND METHODS

A tree of each species was collected in a tree layer of a medium-height deciduous forest with a warm temperate climate in the region of Tomatlán, Jalisco, Mexico (INEGI, 1988). *D. granadillo* (Dg) had a diameter of 30.5 cm measured at 1.30 m, with total height of 14 m, and *P. lasiocarpum* (PI) had a 26.8-cm diameter measured at 1.30 m, with total height of 9 m. At a height of 1.3 m from the stump, a 1.3-cm-thick slice was taken from both specimens, from which representative samples of the heartwood (D), transition zone (TZ) and sapwood (A) areas were obtained. These samples were converted into wood flour and then sieved using 40-fraction mesh for chemical analysis. Subsequently, moisture content was determined by the dehydration method at  $105 \pm 3$  °C according to T 264 cm-97 (TAPPI, 2000).

The determination of the chemical components of the wood was carried out following, in general, the methodology of the ASTM standards (1981), which are listed below:

|                                    |                  |
|------------------------------------|------------------|
| Inorganic Material                 | D 1102-56 (1978) |
| Solubility in ethanol-benzene (EB) | D 1107-56 (1979) |
| Solubility in cold water (AF)      | D 1110-56 (1977) |
| Solubility in hot water (AC)       | D 1110-56 (1977) |
| Lignin                             | D 1106-56 (1977) |
| Holocellulose                      | D 1104-56 (1978) |

Lignina D 1106-56 (1977)

Holocelulosa D 1104-56 (1978)

Las normas utilizadas indican que los análisis deben efectuarse al menos por duplicado, y en este estudio se hicieron cinco repeticiones para realizar un análisis de varianza a 95 % de confianza estadística; también se aplicó la prueba de rangos múltiples de la mínima diferencia significativa (LSD) (Montgomery, 1991) para determinar si existe diferencia estadística entre ambas especies y entre las zonas de estudio, en relación a la cantidad de sus componentes químicos principales. Los datos recabados fueron procesados mediante el programa Statgraphics Plus versión 4.0.

Para el caso de la solubilidad de la madera se realizó una extracción sucesiva en equipo Soxhlet con etanol-benceno 1:2 (EB), agua caliente (AC) bajo reflujo y finalmente agua a temperatura ambiente (AF); el análisis estadístico fue para la cantidad total de sustancias extraíbles así determinada. En la harina de madera sin extraer se determinó la cantidad de sustancias minerales y la harina de madera libre de extraíbles se utilizó para determinar lignina y holocelulosa.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis estadístico

El resultado del análisis de varianza (anova) sólo se da como ejemplo para el caso del contenido de cenizas (Cuadro 1), pues en todos los casos el valor *p* es menor al valor fijado de 0.05 ( $p < 0.05$ ), lo que indica que existe diferencia estadística significativa entre las dos especies (*D. granadillo*, *P. lasiocarpum*) y entre el tipo de madera (duramen, zona de transición y albura). Para cada análisis químico se reportan la gráfica de medias (Figuras 1, 3, 4 y 5) y la prueba de rangos múltiples (Cuadros 2, 3, 5 y 6), obtenidas del análisis estadístico, que corroboran el resultado del análisis de varianza respectivo ( $p < 0.05$ ).

### Sustancias inorgánicas

Los resultados encontrados en este estudio variaron de 0.62 % para el duramen de *D. granadillo* hasta 1.84 % para la albura de *P. lasiocarpum* (Cuadro 2), valores que

CUADRO 1. Análisis de varianza (anova) para el contenido de cenizas.

TABLE 1. Analysis of variance for ash content.

| ANÁLISIS DE VARIANZA |                   |    |                |          |         |
|----------------------|-------------------|----|----------------|----------|---------|
| Fuente               | Suma de cuadrados | G1 | Cuadrado medio | Valor -F | Valor P |
| Entre grupos         | 5.58286           | 5  | 1.11657        | 1295.83  | 0.0000  |
| Dentro grupos        | 0.02068           | 24 | 0.000861667    |          |         |
| Total (Corr.)        | 5.60354           | 29 |                |          |         |

Gráfico de medias con método LSD

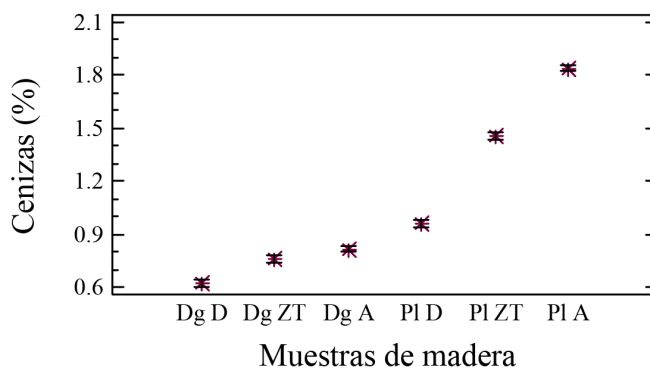


FIGURA 1. Contenido de cenizas (%)

FIG. 1. Ash content (%)

The standards used indicate that the analysis must be at least duplicated, and in this study five replicates were performed for an analysis of variance at 95% statistical confidence. In addition, the multiple range test of least significant difference (LSD) (Montgomery, 1991) was applied to determine whether there is statistical difference between both species and among the study zones, in relation to the amount of their main chemical components. The successfully obtained data were processed using the Statgraphics Plus program, version 4.0.

As for the solubility of the wood, a successive extraction was performed in Soxhlet equipment with 1:2 ethanol-benzene (EB), hot water (AC) under reflux and then water at room temperature (AF). The statistical analysis was for the total amount of extractive substances so determined. In the unextracted wood flour, the amount of mineral substances was determined, and the extractive-free wood flour was used to determine lignin and holocelulose.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Statistical analysis

The result of the analysis of variance (ANOVA) is only given as an example for the case of the ash content (Table 1), because in all cases the value *p* is less than the fixed value of 0.05 ( $p < 0.05$ ), indicating statistically

CUADRO 2. Prueba de rangos múltiples para cenizas

TABLE 2. Multiple range test for ash

| Prueba de rangos múltiples |            |             |                   |
|----------------------------|------------|-------------|-------------------|
| Método: LSD a 95.0 %       |            |             |                   |
|                            | Suma       | Media       | Grupos homogéneos |
| Dg D                       | 5          | 0.624       | X                 |
| Dg ZT                      | 5          | 0.758       | X                 |
| Dg A                       | 5          | 0.816       | X                 |
| PI D                       | 5          | 0.958       | X                 |
| PI ZT                      | 5          | 1.458       | X                 |
| PI A                       | 5          | 1.54        | X                 |
| Contraste                  | Diferencia | +/- Límites |                   |
| Dg D – Dg ZT               | *-0.134    | 0.0383168   |                   |
| Dg D – Dg A                | *-0.192    | 0.0383168   |                   |
| Dg D – PI D                | *-0.334    | 0.0383168   |                   |
| Dg D – PI ZT               | *-0.834    | 0.0383168   |                   |
| Dg D – PI A                | *-1.216    | 0.0383168   |                   |
| Dg ZT – Dg A               | *-0.058    | 0.0383168   |                   |
| Dg ZT – PI D               | *-0.2      | 0.0383168   |                   |
| Dg ZT – PI ZT              | *-0.7      | 0.0383168   |                   |
| Dg ZT – PI A               | *-1.082    | 0.0383168   |                   |
| Dg A – PI D                | *-0.142    | 0.0383168   |                   |
| Dg A – PI ZT               | *-0.642    | 0.0383168   |                   |
| Dg A – PI A                | *-1,024    | 0.0383168   |                   |
| PI D – PI ZT               | *-0.5      | 0.0383168   |                   |
| PI D – PI A                | *-0.882    | 0.0383168   |                   |
| PI ZT – PI A               | *-0.382    | 0.0383168   |                   |

\* Denota diferencia estadística significativa.

se encuentran dentro del rango reportado para algunas maderas tropicales (Fengel y Wegener, 1984). El contenido de sustancias inorgánicas o cenizas determinado revela el mismo esquema en ambas maderas, decremento de albura hacia duramen (Figura 1), patrón observado también por Fengel y Grosser (1975) y por Mayer y Koch (2007) en distintas especies de maderas.

### Solubilidad de la madera

El resultado de la solubilidad total de estas maderas varió de 14.16 % (albura) a 33.35 % (duramen) para *D. granadillo* y de 10.19 % (albura) a 26.93 % (duramen) para *P. lasiocarpum* (Cuadros 3 y 4), y se aprecia que la cantidad total de sustancias extraíbles revela el incremento típico de albura a duramen en ambas maderas (Figuras 2 y 3), esquema también observado en otra madera tropical, *Tectona grandis* (Windeisen et al., 2003), coincidiendo en esto con Browning (1975), quien menciona que las sustancias extraíbles ocurren en menor cantidad en la albura, y también con Fengel y Grosser (1975), quienes han observado el mismo patrón en la madera de diferentes especies.

Asimismo, se observa que en la zona de transición el contenido total de sustancias extraíbles fue mayor en

significant difference exists between the two species (*D. granadillo*, *P. lasiocarpum*) and among the wood types (heartwood, transition zone and sapwood). For each chemical analysis, the plot of means (Figures 1, 3, 4 and 5) and the multiple range test (Tables 2, 3, 5 and 6), obtained from the statistical analysis, which corroborated the result of the respective analysis of variance ( $P < 0.05$ ), are reported.

### Inorganic substances

The results found in this study ranged from 0.62 % for the heartwood of *D. granadillo* to 1.84 % for the sapwood of *P. lasiocarpum* (Table 2), values that are within the range reported for some tropical woods (Fengel and Wegener, 1984). The content of inorganic substances (ash) reveals the same pattern in both woods, decreasing from sapwood to heartwood (Figure 1), a pattern also observed by Fengel and Grosser (1975) and Mayer and Koch (2007) in different species of wood.

### Solubility of the wood

The result of the total solubility of these woods ranged from 14.16 % (sapwood) to 33.35 % (heartwood) for *D. granadillo*, and from 10.19 % (sapwood) to 26.93% (heartwood) for *P. lasiocarpum* (Tables 3 and 4). Hence, the total amount of extractives reveals the typical increase from sapwood to heartwood in both woods (Figures 2 and 3), a pattern also observed in another tropical wood, *Tectona grandis* (Windeisen et al., 2003), coinciding in this respect with Browning (1975), who mentions that extractives occur in smaller amounts in the sapwood, and also with Fengel and Grosser (1975), who have observed the same pattern in the wood of different species.

It can also be seen that in the transition zone the total content of extractives was higher compared to the total amount for sapwood (Figures 2 and 3, Tables 3 and 4), coinciding with Hillis (1987), who points out that most biochemical reactions to produce extractives occur in the transition zone.

In this work the solubility of both woods was higher in ethanol-benzene, followed by hot water and finally in water at room temperature (Figure 2, Table 4). An interesting fact in this paper is that the solubility of the wood of *D. granadillo* in ethanol-benzene (20.20 %, Table 3) is similar to that reported for other species of the same genus: *Dalbergia retusa* (20.10 %) and *D. nigra* (20.20 %) (Wagenführ and Scheiber, 1974). Another interesting fact about the same species of *D. granadillo* is that the total value of extractives obtained here (33.35 %, Table 3) corresponds to that reported by Rutiaga and Windeisen (2007), in whose work the heartwood was extracted using successive Soxhlet extraction with cyclohexane, ethanol and water under reflux, giving a total of 34.7% extractives.

**CUADRO 3. Prueba de rangos múltiples para contenido total de extraíbles**

**TABLE 3. Multiple range test for the total content of extractives**

| Método: LSD a 95.0 % |            |             |                   |
|----------------------|------------|-------------|-------------------|
|                      | Suma       | Media       | Grupos homogéneos |
| PI A                 | 5          | 10.194      | X                 |
| Dg A                 | 5          | 14.164      | X                 |
| PI ZT                | 5          | 19.364      | X                 |
| PI D                 | 5          | 26.934      | X                 |
| Dg ZT                | 5          | 28.886      | X                 |
| Dg D                 | 5          | 33.346      | X                 |
| Contraste            |            |             |                   |
|                      | Diferencia | +/- Límites |                   |
| Dg D – Dg ZT         | *4.46      | 0.167825    |                   |
| Dg D – Dg A          | *19.182    | 0.167825    |                   |
| Dg D – PI D          | *6.412     | 0.167825    |                   |
| Dg D – PI ZT         | *13.982    | 0.167825    |                   |
| Dg D – PI A          | *23.152    | 0.167825    |                   |
| Dg ZT – Dg A         | *14.722    | 0.167825    |                   |
| Dg ZT – PI D         | *1.952     | 0.167825    |                   |
| Dg ZT – PI ZT        | *9.522     | 0.167825    |                   |
| Dg ZT – PI A         | *18.692    | 0.167825    |                   |
| Dg A – PI D          | *-12.77    | 0.167825    |                   |
| Dg A – PI ZT         | *-5.2      | 0.167825    |                   |
| Dg A – PI A          | *3.97      | 0.167825    |                   |
| PI D – PI ZT         | *7.57      | 0.167825    |                   |
| PI D – PI A          | *16.74     | 0.167825    |                   |
| PI ZT – PI A         | *9.17      | 0.167825    |                   |

\* Denota diferencia estadística significativa.

que algunas de ellas han sido reportadas con propiedades antifúngicas (Schwager y Lange, 1998; Rutiaga, 2001), puede esperarse que el duramen de las especies aquí estudiadas, ricas en sustancias extraíbles en etanol-benceno, pudieran presentar alta resistencia al biodeterioro; sin embargo, se requiere de estudios complementarios de durabilidad natural para poder concluir con certeza.

**Lignina**

Los valores promedio del contenido de lignina encontrados en las maderas estudiadas van de 25.24 % en la zona de transición para *P. lasiocarpum* a 27.24 % en albura de *D. granadillo* (Cuadro 5). Estos resultados se encuentran en el límite inferior del rango reportado para algunas maderas tropicales (Fengel y Wegener, 1984), aunque suelen encontrarse valores relativamente altos en estas especies (Harzmann, 1988), por ejemplo, 41.0 % para el duramen de *Lophira alata* (Wagenführ, 1989), 47.0 % en *Tarrieta cochinchinesis* (Harzmann, 1988) o 39.0 % en *Brosimum guianense* (Scholz et al., 2007).

En la madera de *D. granadillo* se presenta un patrón de disminución del contenido de lignina de albura hacia duramen, lo que no sucede con *P. lasiocarpum*, pues en la zona de transición se obtuvo un valor ligeramente inferior

**CUADRO 4. Contenido de sustancias extraíbles en diferentes solventes (%)**

**TABLE 4. Content of extractives in diferents solvents (%)**

| Especies              | Contenido de extraíbles (%) |       |      | Total (%) |
|-----------------------|-----------------------------|-------|------|-----------|
|                       | EB                          | AC    | AF   |           |
| <i>D. granadillo</i>  |                             |       |      |           |
| D                     | 20.24                       | 10.04 | 3.07 | 33.35     |
| ZT                    | 18.66                       | 7.26  | 2.96 | 28.88     |
| A                     | 8.24                        | 4.46  | 1.46 | 14.16     |
| <i>P. lasiocarpum</i> |                             |       |      |           |
| D                     | 15.84                       | 9.44  | 1.65 | 26.93     |
| ZT                    | 12.64                       | 5.34  | 1.38 | 19.36     |
| A                     | 5.84                        | 3.44  | 0.91 | 10.19     |

Since phenol-type substances can be obtained with the ethanol-benzene mixture (ASMT, 1981) and as some of them have been reported with antifungal properties (Schwager and Lange, 1998; Rutiaga, 2001), it can be expected that the heartwood of the species studied here, rich in extractives in ethanol-benzene, could have high resistance to biodeterioration; however, additional studies of natural durability are required in order to conclude this with certainty.

**Lignin**

Average values of lignin content found in the woods studied range from 25.24 % in the transition zone for *P. lasiocarpum* to 27.24% in the sapwood for *D. granadillo* (Table 5). Slightly higher values were found in the sapwood than in the heartwood of both species.

**Holocellulose**

The results obtained range from 49.24 % for the transition zone in *D. granadillo* to 55.25 % for sapwood in *P. lasiocarpum* (Table 6), although higher values are found in tropical woods (Fengel and Wegener, 1984).

The holocellulose content in the wood of *P. lasiocarpum* has a slight decrease from sapwood to heartwood (Figure 5), consistent with that reported for another tropical wood, *Tectona grandis* (54.5 % in sapwood, 53.0 % in heartwood) (Windeisen et al., 2003), but this pattern is not present with *D. granadillo*, in which the amount determined in its heartwood (49.65 %) is slightly greater than that found in its transition zone (49.25 %) (Table 6).

**CONCLUSIONS**

The analysis of variance results indicated that the amount of chemical components is statistically different (P <0.05) between the two species and the three types of wood.

It was found that the chemical component values of both woods varied as follows: for *D. granadillo*:

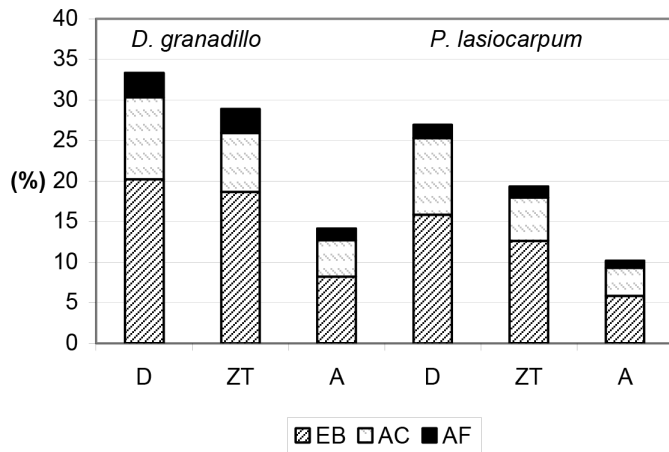


FIGURA 2. Contenido de extraíbles en solventes (%) después de extracción sucesiva

FIGURA 2. Content of extractives (%) after successive extraction

(25.24 %) al obtenido en su duramen (25.65 %) (Figura 4, Cuadro 5). En la albura de ambas especies se encontraron valores ligeramente más altos que en el duramen.

**Holocelulosa**

Los resultados aquí obtenidos varían de 49.24 % para la zona de transición en *D. granadillo* a 55.25 % para albura en *P. lasiocarpum* (Cuadro 6), aunque se pueden encontrar valores mayores en maderas tropicales (Fengel y Wegener, 1984).

El contenido de holocelulosa en la madera de *P. lasiocarpum* presenta una ligera disminución de albura a duramen (Figura 5), que concuerda con lo reportado para otra madera tropical, *Tectona grandis* (54.5 % en albura, 53.0 % en duramen) (Windeisen et al., 2003), pero este esquema no se presentó con *D. granadillo*, en la cual la cantidad determinada en su duramen (49.65 %) es ligeramente mayor a la encontrada en su zona de transición (49.24 %) (Cuadro 6).

Gráfico de medias con método LSD

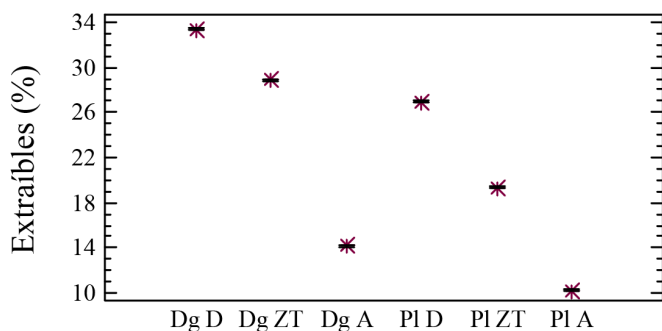
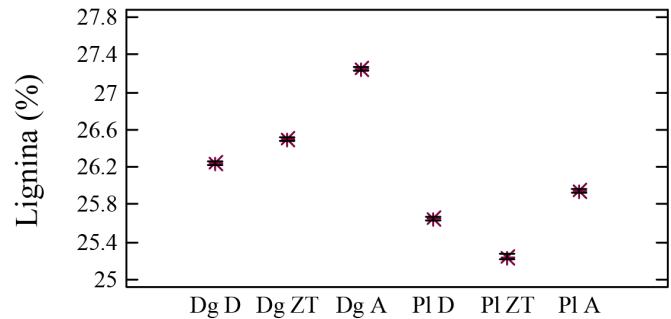


FIGURA 3. Contenido total de extraíbles (%)

FIGURA 3. Total content of extractives in the wood samples (%)

Gráfico de medias con método LSD



Muestras de madera

FIGURA 4. Contenido de lignina (%)

FIGURA 4. Lignin content (%)

CUADRO 5. Prueba de rangos múltiples para contenido de lignina

TABLE 5. Multiple range test for the total content of lignin

Método: LSD a 95.0 %

|               | Suma       | Media       | Grupos homogéneos |
|---------------|------------|-------------|-------------------|
| PI ZT         | 5          | 25.246      | X                 |
| PI D          | 5          | 25.65       | X                 |
| PI A          | 5          | 25.95       | X                 |
| Dg D          | 5          | 26.246      | X                 |
| Dg ZT         | 5          | 26.504      | X                 |
| Dg A          | 5          |             | X                 |
| Contraste     | Diferencia | +/- Límites |                   |
| Dg D – Dg ZT  | *-0.258    | 0.0466704   |                   |
| Dg D – Dg A   | *-0.998    | 0.0466704   |                   |
| Dg D – PI D   | * 0.596    | 0.0466704   |                   |
| Dg D – PI ZT  | * 1.0      | 0.0466704   |                   |
| Dg D - PI A   | * 0.296    | 0.0466704   |                   |
| Dg ZT – Dg A  | *-0.74     | 0.0466704   |                   |
| Dg ZT – PI D  | *0.854     | 0.0466704   |                   |
| Dg ZT – PI ZT | *1.258     | 0.0466704   |                   |
| Dg ZT – PI A  | *0.554     | 0.0466704   |                   |
| Dg A – PI D   | *1.594     | 0.0466704   |                   |
| Dg A – PI ZT  | *1.998     | 0.0466704   |                   |
| Dg A – PI A   | *1.294     | 0.0466704   |                   |
| PI D – PI ZT  | *0.404     | 0.0466704   |                   |
| PI D – PI A   | *-0.3      | 0.0466704   |                   |
| PI ZT – PI A  | *-0.704    | 0.0466704   |                   |

\* Denota diferencia estadística significativa.

ash (0.62 to 0.82 %), total solubility (14.16 to 33.35 %), lignin (26.24 to 27.24 %) and holocellulose (49.24 to 50.66 %). For *P. lasiocarpum*: ash (0.95 to 1.84 %), total solubility (10.19 to 26.93 %), lignin (25.24 to 25.95 %) and holocellulose (53.26 to 55.25 %).

Gráfico de medias con método LSD

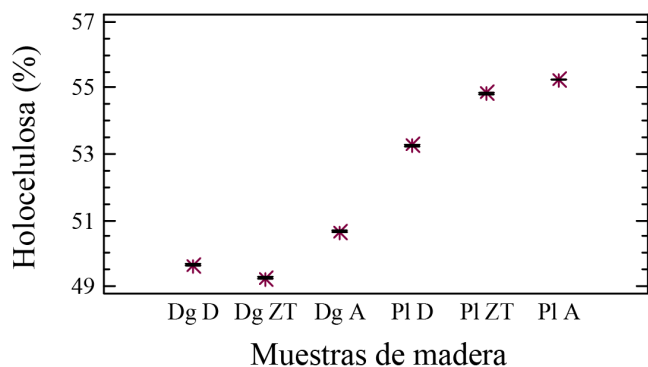


FIGURA 5. Contenido de holocelulosa (%)  
 FIGURA 5. Holocelulose content (%)

CONCLUSIONES

El análisis de varianza de los resultados, indicó que la cantidad de componentes químicos es diferente estadísticamente ( $P < 0.05$ ) entre las dos especies y los tres tipos de madera.

Se encontró que los valores de los componentes químicos de ambas maderas variaron como sigue: para *D. granadillo*: cenizas (0.62 a 0.82 %), solubilidad total (14.16 a 33.35 %), lignina (26.24 a 27.24 %) y holocelulosa (49.24 a 50.66 %). Para *P. lasiocarpum*: cenizas (0.95 a 1.84 %), solubilidad total (10.19 a 26.93 %), lignina (25.24 a 25.95 %) y holocelulosa (53.26 a 55.25 %).

En el contenido de sustancias minerales se observó un decremento de albura a duramen, y en el caso del contenido total de sustancias extraíbles se apreció un aumento típico de albura a duramen, coincidiendo esto con datos reportados en la literatura.

Mediante la extracción sucesiva aplicada, la mayor solubilidad de la madera fue en etanol-benceno y la menor en agua a temperatura ambiente. En relación al contenido de lignina y de holocelulosa, se encontró mayor cantidad en la albura que en el duramen.

Por el alto contenido de sustancias extraíbles en etanol-benceno que presentan ambas maderas aquí estudiadas, es probable que presenten alta durabilidad natural. Por otra parte, aun cuando estas maderas presentan bajo contenido de lignina, definitivamente no se recomendarían para obtener pulpa celulósica, ya que son ricas en sustancias extraíbles, además de que por su coloración son maderas con gran belleza natural y pueden ser usadas para decoración de interiores y en la elaboración de artesanías.

AGRADECIMIENTOS

Se reconoce a la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana el apoyo al Proyecto CIC-JGRQ-21.3, dentro del cual se desarrolló

CUADRO 6. Prueba de rangos múltiples para contenido de holocelulosa

Table 6. Multiple range test for the total content of holocelulose

| Método: LSD a 95.0 % |      |            |                   |
|----------------------|------|------------|-------------------|
|                      | Suma | Media      | Grupos homogéneos |
| Dg ZT                | 5    | 49.242     | X                 |
| DgD                  | 5    | 49.65      | X                 |
| Dg A                 | 5    | 50.662     | X                 |
| PI D                 | 5    | 53.264     | X                 |
| PI ZT                | 5    | 54.84      | X                 |
| PI A                 | 5    | 55.258     | X                 |
| Contraste            |      | Diferencia | +/- Límites       |
| Dg D – Dg ZT         |      | *-0.408    | 0.0362997         |
| Dg D – Dg A          |      | *-1.012    | 0.0362997         |
| Dg D – PI D          |      | *-3.614    | 0.0362997         |
| Dg D – PI ZT         |      | *-5.19     | 0.0362997         |
| Dg D – PI A          |      | *-5.608    | 0.0362997         |
| Dg ZT – Dg A         |      | *-1.42     | 0.0362997         |
| Dg ZT – PI D         |      | *-4.022    | 0.0362997         |
| Dg ZT – PI ZT        |      | *-5.598    | 0.0362997         |
| Dg ZT – PI A         |      | *-6.016    | 0.0362997         |
| Dg A – PI D          |      | *-2.602    | 0.0362997         |
| Dg A – PI ZT         |      | *-4.178    | 0.0362997         |
| Dg A – PI A          |      | *-4.596    | 0.0362997         |
| PI D – PI ZT         |      | *-1.576    | 0.0362997         |
| PI D – PI A          |      | *-1.994    | 0.0362997         |
| PI ZT – PI A         |      | *-0.418    | 0.0362997         |

\* Denota diferencia estadística significativa.

In the content of mineral substances, a decrease from sapwood to heartwood was observed, and in the case of the total content of extractives, a typical increase from sapwood to heartwood was observed, consistent with data reported in the literature.

By means of the applied successive extraction, the highest solubility of the wood was in ethanol-benzene and the lowest at ambient temperature. In relation to lignin and holocellulose content, a greater amount was found in the sapwood than the heartwood.

Due to the high content of extractives in ethanol-benzene presented in both woods studied here, they probably have high natural durability. On the other hand, even though these woods have low lignin content, it would definitely not be advisable to use them to obtain cellulose pulp, since they are rich in extractives. Moreover, due to their coloring, they are woods with great natural beauty and can thus be used for indoor decorating and making handicrafts.

ACKNOWLEDGEMENTS

The Scientific Research Office of the Universidad Michoacana is hereby recognized for supporting Project

este trabajo. La identificación botánica de las especies estudiadas se agradece profundamente al M.C. Xavier Madrigal Sánchez, Profesor Investigador de la misma Universidad.

CIC-JGRQ-21.3, under which this work was carried out. Xavier Madrigal Sánchez, M.Sc., research professor of the aforementioned university, is deeply thanked for the botanical identification of the species.

### LITERATURA CITADA

- ASTM (American Society for Testing and Materials). 1981. Annual book of ASTM standards. Part 22 wood; adhesives. Philadelphia. 1192 p.
- BROWNING, B. L. (Ed.) 1975. The chemistry of wood. Robert E. Krieger Publishing Co. New York.
- DÍAZ-GÓMEZ, V.; HUERTA-CRESPO, J. 1986. Utilización de las maderas tropicales en México. Ciencia Forestal. México. II. 60: 127-146.
- FENGEL, D.; GROSSER, D. 1975. Chemische Zusammensetzung von Nadel- und Laubhoelzer. Holz als Roh- und Werkstoff 33: 32-34.
- FENGEL, D.; WEGENER, G. 1984. Wood - chemistry, ultrastructure, reactions. Walter de Gruyter. Berlin. 613 p.
- GURIDI-GÓMEZ, L. I. 1996. Caracterización macroscópica de cuatro especies tropicales mexicanas: Campincerán (*Dalbergia congestiflora* Pittier), Granadillo o Zangalicua (*D. granadillo* Pittier), Palo escrito (*D. palo-escrito* Rzedowski-Guridi) y Granadillo (*Platymiscium lasiocarpum* Sandw.). Ciencia y Tecnología de la Madera. Morelia, México. 8: 3-14.
- HARZMANN, L. J. 1988. Kurzer Grundriss der allgemeinen Tropenholzkunde. S. Hirzel Verlag. Leipzig. 250 S.
- HILLIS, W. E. 1987. Heartwood and tree exudates. Springer. Berlin Heidelberg. 268 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1988. Jalisco en Síntesis. 2da. Ed. México. 57 p.
- LAWRENCE, G.H.M. 1959. Taxonomy of vascular plants. The Machillan Co. New York. 823 p.
- MAYER, I.; KOCH, G. 2007. Element content and pH value in American black cherry (*Prunus serotina*) with regard to colour changes during heartwood formation and hot water treatment. Wood Sci Technol 41: 537-547.
- MC VAUGH. 1987. Flora novo-galiciana. V. Leguminosae. Ann arbor. The University of Michigan. 786 p.
- MONTGOMERY, D. C. 1991. Diseño y análisis de experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica. México. 589 p.
- NIEMBRO-ROCAS, A. 1990. Árboles y arbustos útiles de México. Limusa. México. 206 p.
- ROBBINS, W.W.; WEIER, T.E.; STOCKING, C. R. 1974. Botánica. Limusa. México. 608 p.
- RUTIAGA-QUIÑONES, J. G.; RODRÍGUEZ-ALCOCER, V. M. 1998. Toxicidad del extracto etanol-benceno de *Dalbergia granadillo* Pittier contra el hongo *Trichoderma viride*. Ciencia y Tecnología de la Madera. Época 2. 2: 5-9.
- RUTIAGA-QUIÑONES, J. G.; WINDEISEN, E.; SCHUMACHER, P. 1995. Anti fungal activity of heartwood extracts from *Dalbergia granadillo* and *Enterolobium cyclocarpum*. Holz als Roh- und Werkstoff 53: 308.
- RUTIAGA-QUIÑONES, J. G.; WINDEISEN, E. 2007. Efecto fungistático de los extractivos del duramen de dos maderas tropicales contra cuatro hongos que habitan la madera. Ciencia y Tecnología de la Madera. Época 2. 11: 2-10.
- RUTIAGA-QUIÑONES, J. G. 2001. Chemische und biologische Untersuchungen zum Verhalten dauerhafter Holzarten und ihrer Extrakte gegenueber holzabbauenden Pilzen. Buchverlag Graefelfing. Muenchen. 210 S.
- SCHOLZ, G.; LIEBNER, F.; KOCH, G.; BUES, C-T.; GÜNTER, B.; BÄUCKER, E. 2007. Chemical, anatomical and technological properties of Snakewood [*Brosimum guianense* (Aubl.) Huber]. Wood Sci Technol 41: 673-686.
- SCHWAGER Ch.; LANGE, W. 1998. Biologischer Holzschutz. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ Band 11. Landwirtschaft. Münster. 727 S.
- STANDLEY, P. C. 1922. Trees and shrubs of Mexico. U. S. Nat. Herb. 23(2): 171-515.
- TAPPI, 2000. TAPPI Test Methods. TAPPI Press. Atlanta. USA.
- WAGENFÜHR, R. 1989. Anatomie des Holzes. VEB Fachbuchverlag. Leipzig. 334 S.
- WAGENFÜHR, R.; SCHEIBER, CHR. 1974. Holzatlas. VEB Fachbuchverlag Leipzig. 720 S.
- WINDEISEN, E.; KLASSEN, A.; WEGENER, G. 2003. On the chemical characterisation of plantation teakwood from Panama. Holz als Roh- und Werkstoff 61: 416-418.

End of English Version