

Composición química del xilema de *Ficus insipida* Willd. (Moraceae)

Chemical composition of the xylem in Ficus insipida Willd. (Moraceae)

ODALIS FLORES¹,
JESÚS VELÁSQUEZ²
y MARÍA E. TORO²

¹ Programa de Investigación y Desarrollo PID-Upata, Venezuela
² Universidad Nacional Experimental de Guayana, Laboratorio de
Biotecnología de la Madera, Puerto Ordaz, Venezuela,
E-mail: jvelasquez@uneg.edu.ve

Recibido: 16-06-09 / Aceptado: 14-12-09

Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar la variabilidad radial de los compuestos químicos en el tejido xilemático del higuero (*Ficus insipida* Willd.) procedente de la región Guayana, Venezuela. Para el estudio se seleccionaron 3 árboles de la especie, de los cuales se extrajeron discos de madera a una altura de 1,30 metros sobre el nivel del suelo. De cada uno de estos discos se obtuvieron muestras representativas de tres puntos equidistantes en la dirección de los radios celulares entre la médula y la corteza (0%, 50% y 90% de la distancia radial). La determinación de los componentes químicos se realizó según la metodología estandarizada en las normas TAPPI. Se observó variación radial en la proporción de todos los componentes químicos, la lignina mostró un valor promedio de 28,28% y la celulosa de 48,86 %, ambos componentes de la pared celular evidenciaron una tendencia al incremento radial en la dirección médula corteza del 12% y 6% respectivamente. Contrariamente, las hemicelulosas mostraron una disminución de naturaleza lineal con un valor promedio de 22,86%. La fracción de componentes inorgánicos presentes en el tejido xilemático fue de 2,49%. Los extractivos totales representaron el 7,49% del peso seco en la madera. Los compuestos solubles en la mezcla alcohol-benceno, alcohol y agua caliente representaron 1,43%, 1,94% y 5,54% del peso seco en la madera respectivamente. Radialmente, se evidenció un incremento de los compuestos inorgánicos y una leve disminución de los orgánicos totales, inusualmente estos últimos influenciados por la fracción de los solubles en agua caliente.

Palabras clave: *Ficus insipida*, variación de la madera, química de la madera.

Abstract

The aim of this study was to determine the radial variability of chemical compounds in the xylem of higuero (*Ficus insipida* Willd.) from the Guayana region, Venezuela. The evaluation was carried out using a sample of 3 trees; the wood samples were taken at 1.30 meters above ground level. The radial evaluation was performed on 3 equidistant points in a pith-bark radial direction (0, 50, 90%). The determination of chemical components was performed according to TAPPI test methods. Radial variation in the proportion of all the chemical components was observed, lignin showed an average of 28.28% and 48.86% cellulose, both components of the cell wall showed an increase in the direction radial pith-bark 12% and 6% respectively. By the contrary, hemicelluloses showed a decrease of linear nature with an average of 22.86%. Inorganic components were 2.49%. The total extractives were 7.49% from dry weight in wood. Soluble compounds in alcohol-benzene mixture, alcohol and hot water were 1.43%, 1.94% and 5.54% of wood dry weight, respectively. An increase of inorganic compounds and a slight decrease in total organic influenced by the fraction of soluble in hot water, was evidenced.

Key words: *Ficus insipida*, wood variation, wood chemistry.

1. Introducción

Dentro de la variedad de especies de árboles existentes en los bosques tropicales, las del género *Ficus* han mostrado elevada importancia en el mantenimiento de la dinámica del bosque, además se han considerado como el género con mayor número de representantes en el mundo, cuya distribución abarca el cinturón intertropical (Domínguez, *et al.*,

2006; Piedra *et al.*, 2006). Numerosos estudios de investigación sobre este género se han reportado en diferentes aéreas, como por ejemplo lo relacionado con aspectos florísticos y taxonómicos (Berg, 1989; Berg y Carauta 2002; Piedra *et al.*, 2006), análisis filogenético y molecular de las especies (Weiblen, 2000; Gonçalves *et al.*, 2009) ecología y silvicultura (Fredericksen *et al.*, 1998; Schöngart *et al.*, 2007), asociación entre insectos-animales-

plantas (Basset y Novotny, 1999; Domínguez, *et al.*, 2006), relación planta condiciones edafológicas (Cernusak *et al.*, 2007), germinación y dispersión de semillas (Banack *et al.*, 2002; Domínguez, *et al.*, 2006) y caracterización, evaluación y uso de los exudados naturales generados por algunas de las plantas que integran el género (Malthouse y Brocklehurst, 1976; Amarin *et al.*, 1999; Amaral *et al.*, 2001; Hansson *et al.*, 2005; Devaraj *et al.*, 2008). Sin embargo, la disponibilidad de información o reportes de investigación relacionados con el conocimiento de las propiedades anatómicas, químicas, físicas y tecnológicas de la madera de las especies de este género presentes en Venezuela son limitadas. La especie *Ficus insipida* Willd., comúnmente conocida como higuerón o higo montañero, es una especie siempreverde de gran porte cuya madera es blanda, blanca sin una clara definición de la transición albura-duramen, la cual se emplea mayormente en la fabricación de muebles y la industria de contraenchapado (Fredericksen *et al.*, 1998), particularmente en la región Guayana en Venezuela ha sido tradicionalmente valorada por algunos industriales como una madera con buenas propiedades estéticas y con una durabilidad natural relativamente baja. En el presente estudio se evalúa la composición química general y el patrón de variación radial de los componentes primarios y secundarios de la pared celular de la madera en la especie *Ficus insipida* Willd., procedente de la región Guayana, como parte de una estrategia dirigida a incrementar el conocimiento general de las especies forestales procedentes de esta región, en pro de lograr el óptimo aprovechamiento industrial de la madera de estas especies.

2. Materiales y métodos

2.1 Obtención de muestras de madera

La obtención de las muestras de madera se realizó en la Unidad II de la Reserva Forestal Imataca, Edo. Bolívar, Venezuela (08°00' y 08°36' latitud norte y 61°29' y 61°58' longitud oeste). La localidad es típica de clima tropical con temperatura promedio anual de 25,4 °C, precipitación anual de 1.696 mm y una altitud media de 270 msnm (Corporación de Desarrollo Forestal, 2001). Para el estudio se seleccionaron 3 árboles de la especie forestal

F. insipida, con fustes sin evidencia visible de enfermedad o daño, diámetro promedio de 80 ± 5 cm medido a una altura de 1,30 metros sobre el nivel del suelo, una altura total de 50 ± 2 m, y una longitud promedio de fuste hasta la primera ramificación de 39 ± 1 m.

2.2 Preparación de la muestra para análisis

En cada árbol a una altura de 1,30 m sobre el nivel del suelo se extrajo un disco de 10 cm de espesor, los mismos fueron rotulados y colocados en bolsas de polietileno para evitar contaminación por microorganismos y desecación brusca hasta el traslado al laboratorio. De cada uno de estos discos de madera se obtuvieron muestras representativas de tres puntos equidistantes en la dirección de los radios celulares entre la médula y la corteza, al 0%, 50% y 90% de la distancia radial. Las muestras de madera fueron molidas en un equipo Willey mill y tamizadas entre mallas 40-60 mesh de forma independiente, de acuerdo a lo establecido por la Technical Association for the Pulp and Paper Industries (Tappi 1998-99) en la norma T257 cm-85. La harina de madera obtenida por cada punto de evaluación/árbol, fue mezclada y dosificada en igual proporción, homogeneizada y almacenada en recipientes de vidrio ámbar para su conservación y posterior análisis químico.

2.3 Análisis químico

Para la determinación de los componentes químicos primarios y secundarios de las muestras de madera se siguió el esquema general estandarizado en las normas Tappi, 1998-99. La cuantificación de inorgánicos se realizó gravimétricamente sobre muestras de harina sin extraer según la norma T211 om-93. El valor de pH se determinó según la metodología T435 om-96. La determinación de los extractivos totales se realizó según la normas T264 cm-97, los solubles en alcohol/benceno, T204 cm-97, los solubles en agua caliente T207 cm-93, y la lignina insoluble (lignina klason) de acuerdo a T222 om-98. La cuantificación de celulosa por el método de Seifert (Rodríguez, 1978). La determinación de hemicelulosa se realizó por diferencia entre el contenido total y la proporción lignina-celulosa en madera libre de extraíbles. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

2.4 Análisis estadístico

La variación de los componentes químicos en los puntos radiales, así como la diferencia entre ellos fue evaluada a través de un análisis de varianza de un factor (Anova) y la prueba de comparación de medias de Tukey. La evaluación estadística se realizó empleando el paquete estadístico SPSS 13.0, con un nivel de confianza del 95%.

3. Resultados y discusión

La cuantificación de los diferentes componentes químicos en la madera de *F. insipida* se muestra en los cuadros 1 y 2. El valor promedio de los componentes químicos primarios y secundarios no difieren mucho de los reportados en literatura especializada para maderas latifoliadas tropicales, de acuerdo a lo señalado por Fengel y Wegener (1984), Hillis (1987) y Tsoumis (1991).

El contenido de lignina en el tejido xilemático de especies latifoliadas se encuentra en un ran-

go entre 15-35% del peso seco (Tsoumis, 1991), la madera de la especie bajo estudio mostró un valor promedio de 28,28% de lignina klason. Este resultado no difiere significativamente de la composición química de la madera de otras especies, por ejemplo, Petersen (1984) para las especies *Ficus conora*, *F. malunuensis*, *F. nota* y *F. lapathifolia*, señaló valores promedio de lignina klason de 34%, 30%, 34% y 30% del peso seco respectivamente. El mismo autor para otra especie de la familia Moraceae, reportó menor contenido de lignina, 27% del peso seco en la madera de *Brosimum alicastrum*. Similares resultados al obtenido para *F. insipida* se han reportado en otras especies latifoliadas, por ejemplo, Miranda y Pereira (2002) señalaron alrededor de 28% de lignina klason para *Eucalyptus globulus*. Ramírez (2002), en la madera de *Catostemma commune* señaló un 25% de lignina klason.

La celulosa es el componente químico mayoritario en la estructura de la madera, en especies latifoliadas representa entre 30-55% del peso seco de la misma (Fengel y Wegener, 1984; Tsoumis, 1991). El contenido de celulosa en la

Cuadro 1. Componentes químicos primarios (%) en la madera de *F. insipida*. Se indica los resultados del ANOVA y de la comparación de medias de Tukey (valor medio y en paréntesis la desviación estándar).

Componente químico	Resultados del ANOVA		Resultados de la prueba de Tukey (α 0,05)			Valor promedio
	Cuadrado medio	Valor de F	0%	50%	90%	
Lignina	16,285	19,74	25,68 ^a (0,80)	30,17 ^b (0,75)	28,98 ^b (0,76)	28,28 (2,16)
Celulosa	6,567	14,77	47,15 ^a (0,82)	49,63 ^b (0,58)	49,80 ^b (0,41)	48,86 (1,41)
Hemicelulosa	42,512	28,02	27,17 ^a (1,67)	20,21 ^b (1,19)	21,23 ^b (0,59)	22,86 (3,43)

Valores con las mismas letras no difieren significativamente ($p \leq 0,05$). Las letras se leen en sentido horizontal.

Cuadro 2. Componentes químicos secundarios en la madera de *Ficus insipida*. Se indica con superíndice los resultados del Anova y de la comparación de medias de Tukey (valor medio y desviación estándar).

Distancia radial	Alcohol / benceno	Alcohol (95%)	Agua caliente	Extractivos totales	Inorgánicos	pH
0%	1,70 ^a (0,03)	2,28 ^a (0,04)	4,81 ^a (0,09)	7,91 ^a (0,03)	1,78 ^a (0,03)	7,61
50%	1,19 ^b (0,04)	1,96 ^b (0,03)	5,24 ^b (0,05)	6,72 ^b (0,03)	2,74 ^b (0,02)	6,72
90%	1,37 ^c (0,02)	1,58 ^c (0,04)	6,58 ^c (0,07)	7,84 ^c (0,05)	2,94 ^c (0,01)	5,89
Valor medio	1,42 (0,23)	1,94 (0,31)	5,54 (0,80)	7,49 (0,73)	2,49 (0,53)	6,74

Valores con las mismas letras no difieren significativamente ($p \leq 0,05$). Las letras se leen en sentido vertical.

madera de *F. insipida* arrojó un valor promedio de 48,86 % del peso seco de la madera, superior al reportado en investigaciones previas sobre la madera de otras especies de la misma familia, por ejemplo, Petersen (1984) señaló un contenido de alfa celulosa de 33% para *Ficus nota*, 35% para *F. corona*, 43% en *F. malunuensis* y 44% de celulosa en *F. laphathifolia* y *Brosimum alicastrum*. En el caso de otras especies latifoliadas procedentes de la región Guayana Jiménez y Monagas (2005), reportaron resultados similares al de *F. insipida* en la madera de *Sterculia pruriens* y *Protium decandrum* (49,63% y 47% de celulosa, respectivamente).

En la figura 1, se observa la tendencia de variación de los componentes químicos primarios en el caso particular de la madera de *F. insipida*. El contenido de celulosa mostró un incremento de naturaleza lineal desde los alrededores de la médula (47,15%), hasta la periferia del tronco (49,80%) el nivel de variación fue de aproximadamente un 6%. El análisis de varianzas mostró la existencia de diferencias estadísticas entre los puntos de evaluación, la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0,05$) señaló que el contenido de celulosa es significativamente menor entre los alrededores de la médula en comparación con el 50% y 90% de la distancia radial en la dirección médula/corteza.

La proporción de lignina insoluble (klason) también mostró un comportamiento similar al señalado para la celulosa, es decir, una tendencia

a incrementarse con diferencias estadísticas significativas entre los puntos estudiados (Cuadro 1), pero en un rango comprendido entre 25,68% a 28,98% entre los alrededores de la médula y la periferia del tronco, los coeficientes de variación fueron de 3,53% y 2,97%, respectivamente.

Contrariamente, el contenido de las hemicelulosas presentó mayores valores en la porción interna del tronco, evidenciando diferencias estadísticas significativas con los otros dos puntos de evaluación radial, la disminución fue cerca del 21% entre los extremos bajo estudio (27,17% alrededores de la médula y 21,23% periferia del tronco).

La tendencia de variación evidenciada en los componentes químicos en la madera de *F. insipida* es similar al reportado por investigaciones previas sobre maderas y otros materiales lignocelulosicos. Por ejemplo, Carrillo *et al.* (2008), para la especie *Prosopis laevigata* procedente de México, señalaron este mismo patrón de variación, es decir un incremento radial del contenido de celulosa y lignina con una disminución de las hemicelulosas. Igualmente Abasolo *et al.* (2005), sobre caña de ratán observaron un incremento radial del contenido de celulosas/lignina y disminución de las hemicelulosas desde el centro a la periferia en los elementos bajo estudio. Similar tendencia reportaron Campos *et al.* (2005), en la madera de *Diploptropis purpurea* procedente de la Región Guayana Venezuela.

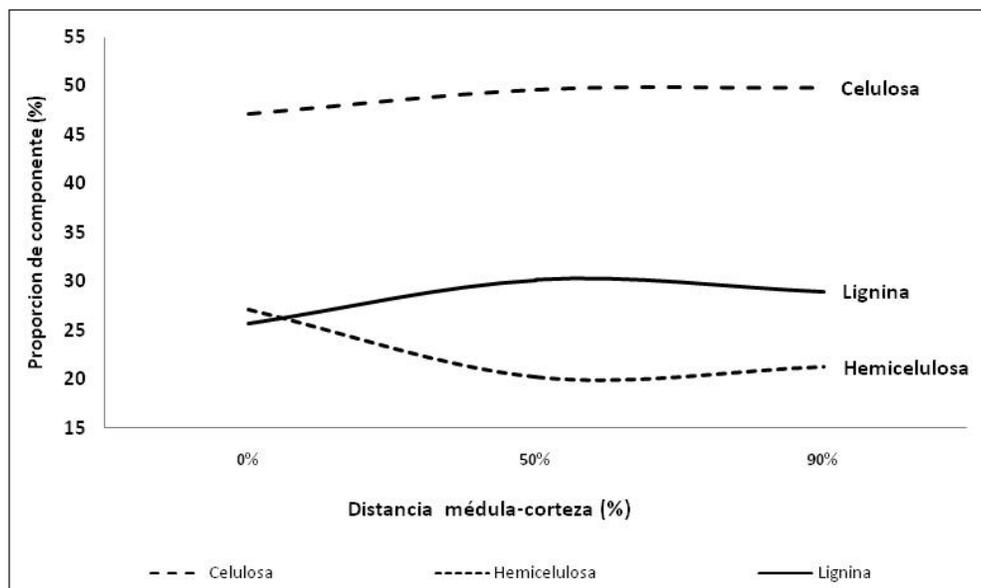


Figura 1. Tendencia de variación radial de los componentes químicos primarios en la madera de *F. insipida*.

Los resultados de la determinación de los metabolitos secundarios (extractivos) en la madera de *F. insipida*, se muestran en el cuadro 2. El contenido de componentes inorgánicos presentes en el tejido xilemático de la especie bajo estudio, fue de 2,49% valor comprendido dentro del rango establecido para especies latifoliadas por Fengel y Wegener (1984) y Hillis, (1987). Los extractivos totales representaron el 7,49% del peso seco en la madera de *F. insipida*, lo que está en concordancia con el valor promedio establecido por Fengel y Wegener (1984) y Tsoumis (1991) para especies latifoliadas tropicales (0,6 a 20%) y similar al señalado en investigaciones previas sobre otras especies latifoliadas, por ejemplo, Miranda y Pereira (2002), en *Eucalyptus globulus* de 6 años señalaron entre 7,9%-9,1% de extractivos totales. Jiménez y Monagas (2005), reportaron 7,94% en *Sterculia pruriens* y 7,05% en la madera de *Inga alba*. Carrillo *et al.* (2008), señalaron entre 14-16% del peso seco en la madera de *Prosopis laevigata*.

En el caso de los compuestos orgánicos extraíbles en la madera de *F. insipida*, la fracción más baja correspondió a la extracción empleando la mezcla alcohol-benceno (1,42% del peso seco de la madera), este resultado es inferior al señalado por Petersen (1984) en la madera de cuatro especies de ficus, en el cual señala 3% de extractivos solubles en alcohol benceno para *Ficus nota*, *F. corona*, *F. malunuensis*, y 2% para *F. lapathifolia*.

La mayor fracción de compuestos químicos solubles en la madera de *F. insipida* se recuperó empleando agua caliente como solvente (5,54%), este resultado es similar al reportado por Petersen (1984) en *F. malunuensis* y *F. lapathifolia* (5% del peso seco de la madera) lo que permite predecir la presencia mayoritaria de sustancias altamente polares conformando los extractivos en la madera de la especie en estudio.

Los compuestos solubles en alcohol (etanol 95%) representaron el 1,94% del peso seco de la madera en *F. insipida*, este resultado es menor al señalado para otras especies provenientes de la región Guayana. Jiménez y Monagas (2005), reportaron 4,58% de extractivos solubles en alcohol en la madera de *Inga alba*, 2,93% en *Sterculia pruriens* y 3,08% para *Protium decandrum*. Velásquez *et al.* (2006), señalaron un contenido de extractivos promedio superior al 10% del peso seco de la madera en cuatro especies forestales

de elevada durabilidad natural procedentes de la Guayana Venezolana.

En la sección transversal de un troco a menudo el duramen es detectado visualmente por la coloración oscura causada por la acumulación de cierta cantidad y tipo de sustancias en el tejido xilemático, dentro de estas sustancias se ha reportado la presencia de resinas, grasas, ceras, aceites, ácidos grasos, fenoles, taninos, estilbenos, flavonoides sustancias colorantes y con propiedades fungicidas e insecticidas, las cuales son generalmente solubles en alcohol y la mezcla alcohol/benceno (Fengel y Wegener, 1984; Pereira *et al.*, 1986; Velásquez *et al.*, 2006), la baja proporción de solubles en estos solventes señalados para la madera de *F. insipida* unido con una ausencia en la clara definición del duramen permite predecir una baja durabilidad de la madera frente a la acción de agentes xilófagos.

El valor relativamente elevado de estos compuestos (extractivos totales 7,49%) puede llevar a pensar que la madera presenta elevada resistencia al deterioro microbiológico, sin embargo no siempre es así, sobre todo cuando se observa que alrededor del 70% de estos metabolitos secundarios están representados por la fracción de compuestos químicos solubles en agua, dentro de los cuales se han señalado la presencia de ácidos glucurónicos, gomas, proteínas, alcaloides y carbohidratos de bajo peso molecular (azúcares y almidones) los cuales en lugar de incrementar resistencia al biodeterioro son más bien una fuente de carbono para los microorganismos que atacan a la madera (Fengel y Wegener, 1984; Willför *et al.*, 1999; Velásquez *et al.*, 2006).

En el cuadro 2, se observa la variación del nivel de acidez en la madera de *F. insipida*. Fengel y Wegener (1984) y García *et al.* (2003), señalan que el pH de la madera se encuentra en un rango entre 3,3 y 8,2 siendo estas consideradas levemente ácidas a levemente alcalinas, el pH en la madera de *F. insipida* mostró un valor promedio de 6,74, aunque la tendencia de variación radial fue la de disminuir en la dirección medula corteza, se conservó dentro del nivel de levemente ácida.

En la figura 2, se muestra la tendencia de variación radial de los componentes secundarios por solventes en la madera de *F. insipida*. Se observó variación en la proporción de todos los compuestos químicos solubles en los diferentes solventes empleados.

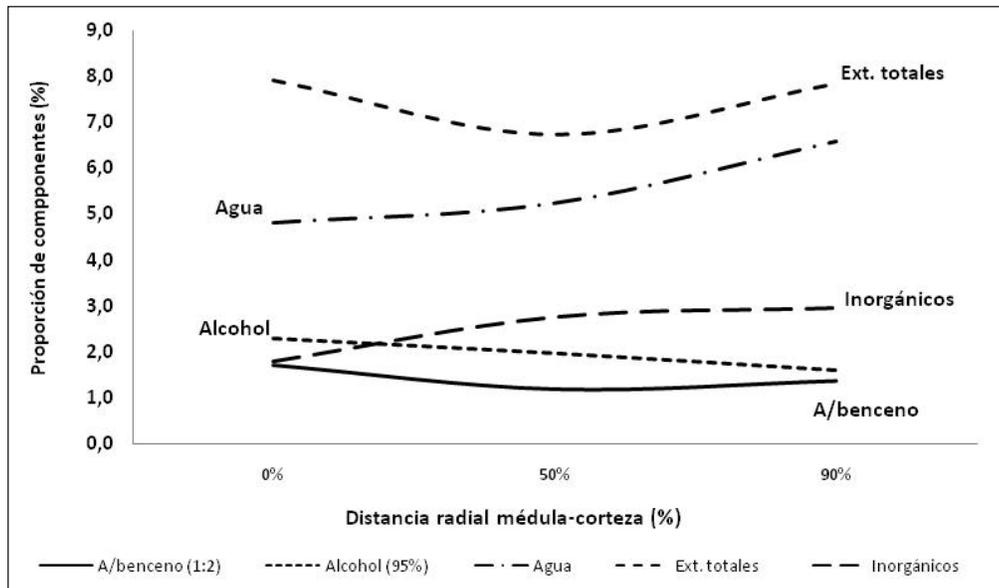


Figura 2. Tendencia de variación radial de los componentes químicos secundarios en la madera de *F. insipida*.

La proporción de los compuestos solubles en la mezcla alcohol/benceno presentes en la madera de *F. insipida*, disminuyeron linealmente desde 1,70% a 1,37% del peso seco de la madera entre la cercanía de la médula y la periferia del tronco, el coeficiente de variación fue de 1,5% y 1,1% respectivamente. El análisis de varianzas evidenció la existencia de diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) entre los tres puntos de evaluación (Cuadro 2).

El patrón de variación radial de los compuestos químicos solubles en alcohol, mostró una disminución total de 31% (en dirección médula-corteza), con un coeficiente de variación de la media alrededor del 16%. El análisis estadístico (Anova y Tukey test) señaló que la fracción de los solubles en alcohol es significativamente diferente en los tres puntos de evaluación, evidenciándose una mayor proporción en los alrededores de la médula la cual disminuye levemente hasta el 90% de la distancia radial.

El contenido de compuestos orgánicos totales solubles presentes en el xilema de *F. insipida* mostró una tendencia de variación irregular en la dirección médula/corteza, con valores promedios de 7,91%, 6,72% y 7,84% respectivamente para cada punto de evaluación radial, con un coeficiente de variación de la media de alrededor del 9%. A pesar de este pequeño incremento de variación observado, el análisis de varianzas mostró la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre

los tres puntos de evaluación. La tendencia inusual de variación radial de la cantidad de extractivos totales básicamente está determinada por el incremento de la fracción de los compuestos solubles en agua, los cuales fueron de 4,81% a 6,58 %, respectivamente entre ambos extremos de evaluación.

Es de interés observar que la porción externa del tronco del árbol (90%) presenta elevados valores de extractivos totales, esto podría estar en concordancia con lo señalado por Datta y Kumar (1987) sobre la madera de *Tectona grandis*, quienes señalaron la presencia de una serie de productos químicos en el albura y partes jóvenes de la madera como lípidos, almidón, proteínas, ácidos nucleicos y sustancias reductoras los cuales están totalmente ausentes en el duramen. Se requieren de estudios específicos en la madera de *F. insipida* para evaluar la naturaleza química de lo solubles en la porción más externa del tronco.

La disminución gradual de los compuestos solubles en agua (mayormente constituidos por carbohidratos solubles y almidón) en la dirección cambium-médula observada en la madera de *F. insipida* ha sido previamente señalada en otras especies forestales, y se ha relacionado como una parte natural de los procesos metabólicos que conlleva la transformación de albura-duramen, es decir, estas sustancias (azúcares y almidones) al ser transportadas a través de las células del parénquima radial del albura (zona fisiológicamente activa) hasta

el centro del tronco del árbol, son parcial o totalmente metabolizadas proporcionando las bases para la translocación y formación de componentes secundarios en la madera, los cuales se depositan alrededor de la médula formando así el cilindro de duramen (zona fisiológicamente inactiva), el cual gradualmente se expande por lo repetitivo del proceso disminuyendo marcadamente la presencia de estos solubles en esta última zona (Saranpää y Höll, 1989; Fischer y Höll, 1992; Magel *et al.*, 1994).

Los componentes inorgánicos en la madera de *F. insipida* mostraron un incremento de naturaleza lineal de aproximadamente 65%, entre la porción más interna del tronco y la externa (0% y 90%), con un coeficiente de variación de la media de 21,28%. Esta tendencia de variación ha sido observada en previas investigaciones sobre otras especies forestales, en las cuales se ha mencionado que en la porción más externa del tronco se acumula entre 2 a 3 veces más elementos minerales que en el centro del mismo, donde son reabsorbidos en los procesos metabólicos desarrollados por el árbol, contribuyendo entre otras cosas, con la transformación de albura en duramen (Hillis, 1987; Da Silva *et al.*, 1999; Bellote *et al.*, 1999; Meerts, 2002; Campos *et al.*, 2005).

4. Conclusiones

La composición química del xilema de *F. insipida* presentó en términos generales valores semejantes y coherentes al señalado para maderas latifoliadas tropicales, observándose variaciones estadísticamente significativas asociadas al distanciamiento radial en la dirección médula corteza. La tendencia de variación de los componentes estructurales de la pared celular se evidenció por un incremento radial en la proporción de celulosa y lignina y una disminución de las hemicelulosas. Los componentes secundarios mostraron un comportamiento similar, incremento de los compuestos inorgánicos y una leve disminución de los orgánicos, estos últimos influenciados por la fracción de los solubles en agua caliente. El elevado contenido de compuestos solubles en agua podría tener influencia directa sobre las propiedades de la madera, por ejemplo en relación a su durabilidad natural. Se requieren estudios adicionales con muestras procedentes de otras localidades para encontrar y definir un pa-

trón de variación general en la composición química de la madera de la especie *F. insipida* procedente de la Región Guayana.

5. Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Fonacit por el financiamiento otorgado al Centro Biotecnológico de Guayana de la UNEG, través del fortalecimiento Pem2001001639, y a la empresa Codefora, por el apoyo logístico y técnico en la búsqueda de las muestras de madera.

6. Referencias bibliográficas

- ABASOLO, W., M. YOSHIDA, H. YAMAMOTO y T. OKUYAMA. 2005. Influence of structure and chemical composition on thermal softening of Palasan canes (*Calamus merrillii*). *IAWA Journal* 26(3): 363-374.
- AMARAL, D., M. ARRUDA, A. ARRUDA, A. MÜLLER, L. PANTOJA y T. LIMA. 2001. Flavones from the leaves of *Ficus gomelleira*. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 12(4): 538-541.
- AMORIN, A., H. BORBA, J. CARAUTA, D. LOPES y M. KAPLAN. 1999. Anthelmintic activity of the latex of *Ficus* species. *Journal of Ethnopharmacology* 64(3): 255-258.
- BANACK, S., M. HORN y A. GAWLICKA. 2002. Disperser vs establishment limited distribution of riparian fig tree (*Ficus insipida*) in a Costa Rica tropical Rain Forest. *Biotropica* 34(2): 232-243.
- BASSET, Y. y V. NOVOTNY. 1999. Species richness of insect herbivore communities on *Ficus* in Papua New Guinea. *Biological Journal of the Linnean Society* 67: 477-499.
- BELLOTE, A., R. DEDECEK, H. DA SILVA, J. GAVA y O. MENEGOL. 1999. Nutrient export by clear cutting *Eucalyptus grandis* of different ages on two sites in Brasil. Reabilitation of Degraded Tropical Forest Ecosystems. Workshop Proceedings. 2-4 november 1999. Bogor, Indonesia.
- BERG, C. 1989. Classification and distribution of *Ficus*. *Exper* 45: 605-611.
- BERG, C. y J. CARAUTA. 2002. New species of *Ficus* (Moraceae) from Brazil. *Brittonia* 54(4): 236-250.
- CAMPOS, Y., B. BARRETO, M. TORO y J. VELÁSQUEZ. 2005. Evaluación de la composición química en la madera de la especie forestal *Diploptropis purpu-*

- rea* (congrío), Proveniente de la Reserva Forestal Imataca. V Jornadas de Investigación Institucional UNEG. Puerto Ordaz, Venezuela.
- CARRILLO, A., I. MAYER, G. KOCH y F. HAPLA. 2008. Wood anatomical characteristics and chemical composition of *Prosopis laevigata* grown in the northeast of México. *IAWA Journal* 29(1): 25-34.
- CERNUSAK, L., K. WINTER, J. ARANDA, L. B. TURNER y J. MARSHALL. 2007. Transpiration efficiency of a tropical pioneer tree (*Ficus insipida*) in relation to soil fertility. *Journal of Experimental Botany* 58(13): 3549-3566.
- CORPORACIÓN DE DESARROLLO FORESTAL. 2001. *Plan de ordenación y manejo forestal. Unidad de manejo N-2. Reserva Forestal de Imataca*. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, seccional Upata. 200 p.
- DA SILVA, H., C. FERREIRA y A. BELLOTE. 1999. Cuantificación de la biomasa y nutrientes en el tronco de *Eucalyptus grandis* at different ages. Workshop Proceedings. Rehabilitation of Degraded Tropical Forest Ecosystems. 2-4 november 1999. Bogor, Indonesia.
- DATTA, S. y A. KUMAR. 1987. Histochemical studies of the transition from sapwood to heartwood in *Tectona grandis*. *IAWA Bulletin n.s.* 8(4): 363-368.
- DEVARAJK., P. KUMAR y V. PRAKASH. 2008. Purification, characterization, and solvent-induced thermal stabilization of ficin from *Ficus carica*. *Journal Agric. Food Chemistry* 56(23): 11417-11423.
- DOMÍNGUEZ, L., J. MORALES y J. ALBA. 2006. Germinación de semillas de *Ficus insipida* (Moraceae) defecadas por tucanes (*Ramphastos sulfuratus*) y monos araña (*Ateles geoffroyi*). *Revista Biología Tropical* 54(2): 387-394.
- FENGEL, D. y G. WEGENER. 1984. *Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Walter de Gruyter, New York. 613 p.
- FISCHER, CH. y W. HÖLL. 1992. Food reserves of scots pine (*Pinus sylvestris* L). II seasonal changes and radial distribution of carbohydrate and fact reserves in pine wood. *Trees* 6(3): 147-155.
- FREDERICKSEN, T., M. JUSTINIANO, D. RUMIZ, E. MCDONALD y RAGUAPE. 1998. *Ecología y Silvicultura de Especies menos conocidas: Bibosi Higuérón, Ficus spp. Moraceae*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (Bolfor), Santa Cruz, Bolivia, 52p.
- GARCÍA, L., A. GUINDEO y C. PERAZA. 2003. *La Madera y su Anatomía*. Editorial Mundi-Prensa / Fundación Salazar. 327 p.
- GONÇALVES, A., R. SANTINELO, J. MASSIMIO, M. MESTRINER y A. ALZATE. 2009. Transferability and characterization of microsatellite markers in two Neotropical *Ficus* species. *Genetic and Molecular Biology* 32(3): 568-571.
- HANSSON, A., J. ZELADA y P. NORIEGA. 2005. Reevaluation of risks with the use of *Ficus insipida* latex as a traditional anthelmintic remedy in the Amazon. *Journal of Ethnopharmacology* 98(3): 251-257.
- HILLIS, W. 1987. *Heartwood and tree exudates*. Syracuse, New York. USA. 267 p.
- JIMÉNEZ, B. y P. MONAGAS. 2005. Caracterización química de la madera en las especies Guamo colorado *Inga alba* (Sw) Willd., Majagua *Sterculia pruriens* (Aubl.) Schum. y Azucarito *Protium decandrum* (Abul) Marchand, provenientes de la Reserva Forestal Imataca. Trabajo de pasantías a nivel de tecnólogo. Universidad Nacional Experimental de Guayana. Bolívar, Venezuela. 45 p.
- MAGEL, E., CH. JAY y H. ZIEGLER. 1994. Formation of heartwood substances in the stemwood of *Robinia pseudoacacia* L. II distribution of nonstructural carbohydrates and wood extractives across the trunk. *Trees* 8(4): 165-171.
- MALTHOUSE, P. y K. BROCKLEHURST. 1976. Preparation of fully active Ficin from *Ficus glabrata* by covalent chromatography and characterization of its active centre by using 2,2'-Dipyridyl Disulphide as a reactivity probe. *Biochemical Journal* 159: 221-234.
- MEERTS, P. 2002. Mineral nutrient concentrations in sapwood and heartwood: a literature review. *Annual Forest Sciences* 59(8): 713-722.
- MIRANDA, I. y H. PEREIRA. 2002. The variation of chemical composition and pulping yield with age and growth factors in young *Eucalyptus globulus*. *Wood and Fiber Science* 34(1): 140-145.
- PEREIRA, H., M. OLIVEIRA y I. MIRANDA. 1986. Kinetics of ethanol-water pulping and pulp properties of *Eucalyptus globulus* Lab. *Appita* 39(6): 15-20.
- PETERSEN, R. 1984. The chemical composition of wood. In: *The chemistry of solid wood*. R. Rowell (ed.). Advances in Chemistry Series. American Chemical Society. Washington DC. 57-126 pp.
- PIEDRA, E., R. RAMIREZ, y G. IBARRA. 2006. El género *ficus* (Moraceae) en el estado de Morelos México. *Acta Botánica Mexicana* 75: 45-75.
- RAMIREZ, E. 2002. Efecto de los hongos de pudrición blanca, marón y blanda en la durabilidad natural de la madera de baraman (*Catostema commune*

- Sandwith). Trabajo de grado. Maestría en Ciencias de los Materiales. Universidad Nacional Experimental de Guayana, Venezuela. 57 p.
- RODRÍGUEZ, L. 1978. *Métodos de análisis empleados en la industria papelera*. Universidad Industrial de Santander. Colombia. 149 p.
- SARANPÄÄ P. y W. HÖLL. 1989. Soluble carbohydrate of *Pinus sylvestris* L. sapwood and heartwood. *Trees* 3(3): 138-143.
- SCHÖNGART, J., F. WITTMANN, M. WORBES, M. FERNANDEZ, H. KRAMBEK y W. JUNK. 2007. Management criteria for *Ficus insipid* Willd (Moraceae) in Amazonia white-water floodplain forests defined by tree-ring analysis. *Annual Forest Science* 64: 657-664.
- TECHNICAL ASSOCIATION FOR THE PULP AND PAPER INDUSTRIES (TAPPI). 1998-99. TAPPI Test Method. TAPPI PRESS. Atlanta. 55 p.
- TSOUMIS, G. 1991. *Science and technology of wood. structure, properties, utilization*. Van Nostrand Reinhold. New York. 494 p.
- VELÁSQUEZ, J., M. TORO, L. ROJAS y O. ENCINAS. 2006. Actividad antifúngica de los extractivos naturales de especies latifoliadas de la Guayana Venezolana. *Madera y Bosques* 12(1): 51-61.
- WEIBLEN, G. 2000. Phylogenetic relationships of functionally dioecious *Ficus* (Moraceae) based on ribosomal DNA sequences and morphology. *American Journal of Botany* 87: 1342-1357.
- WILLFÖR, S., R. SJÖHOLM y B. HOLMBOM. 1999. Isolation and characterization of water-soluble arabinogalactans from the heartwood of Norway spruce and Scots pine. 10th International Symposium on Wood and Pulping Chemistry. Yokohama, Japan.