

ASPECTOS MORFOLÓGICOS EN LAS FIBRAS DE LA MADERA DE

Erisma uncinatum Warm

Jesús Velásquez, Belia Jiménez, Pedro Monagas, Frank M. Terzo, María E. Toro y Yudith Ruiz

RESUMEN

Se evaluó la variación radial de la longitud de las fibras, espesor de la pared celular, diámetro de la fibra y el diámetro del lumen de la fibra, en la madera de *Erisma uncinatum*, proveniente de la reserva Forestal Imataca, Venezuela. Los resultados señalan un incremento progresivo de los dos primeros parámetros en la medida que aumentó la distancia desde la médula hasta la corteza del árbol, y un comportamiento inverso para el diámetro de la fibra y el diámetro del lumen. El tejido xilemático de la especie presenta fibras cortas de pa-

redes celulares medianas. La longitud promedio de las fibras fue de 583,33 μ m, con un espesor de la pared celular promedio de 1,54 μ m. El diámetro del lumen alcanzó un valor medio de 6,58 μ m y el diámetro total de la fibra alrededor fue 9,70 μ m. Los resultados obtenidos indican que radialmente cada parámetro evaluado se comportó de forma particular en el proceso de maduración celular. Estadísticamente los resultados evidencian la demarcación entre madera juvenil/adulta a partir del 50% de la distancia radial en árboles con diámetro promedio de 56cm.

Introducción

Erisma uncinatum Warm es una especie latifoliada de porosidad difusa perteneciente a la familia Vochysiaceae, conocida comúnmente en Venezuela como 'mureillo'. Su madera ha sido ampliamente utilizada en diversos sectores de la industria forestal como, por ejemplo, en carpintería, ebanistería, contrachapado, mobiliario ligero y construcciones en general, entre otros (IFLA, 1992; Justiniano y Frederickson, 1999). Debido a la abundancia de su madera y su comportamiento estructural en la construcción, ha demostrado ser una de las especies forestales maderables importantes en la actividad económica de la región. Un ejemplo de ello es que las estadísticas forestales venezolanas señalan

que entre los años 1990-2006 ha sido la primera especie en el consumo nacional, procedente del Estado Bolívar, y la tercera en la producción de madera en rolliza a nivel nacional, habiendo su consumo superado los 15000m³ anuales (Serfoven, 1993; MARN, 1999; Faría *et al.*, 2005, 2006).

Los elevados índices de aprovechamiento industrial y selectivo de la madera de *E. uncinatum*, unido a los limitados planes de recuperación vegetal en campo por parte de las industrias forestales, pueden llevar a la extinción o pérdida total de este valioso recurso, con un desconocimiento integral de sus propiedades y características. En la actualidad la especie se encuentra en estado vulnerable a la extinción de acuerdo a

los parámetros establecidos en el Libro Rojo de la Flora Venezolana (Llamoza *et al.*, 2003), lo que evidencia la necesidad de evaluar y conocer en profundidad las características y propiedades generales de su madera.

Las células de la madera en el árbol varían considerablemente entre especies y entre individuos de la misma especie, e incluso dentro de un mismo árbol axial y radialmente a una misma altura (Zobel y Van Buijtenen, 1989; Honjo *et al.*, 2005). Estas variaciones están comúnmente relacionadas con los términos madera juvenil y madera adulta. La primera de estas se forma en las etapas iniciales del crecimiento del árbol, por células de un cambium vascular joven o inmaduro, está caracterizada por numerosas

variaciones en su morfología celular y ocupa la porción más interna del fuste del árbol. En cambio, la madera adulta se forma en la parte más externa del tronco por un tejido meristemático maduro, donde los atributos del tejido fibroso muestran menos variaciones y tienden a la estabilidad dimensional (Zobel y Van Buijtenen, 1989; Tsoumis, 1991; Honjo *et al.*, 2005; Moya y Tomazello, 2009; Tsuchiya y Furukawa, 2009).

La bibliografía especializada ha señalado que las células en los alrededores de la médula son de menores dimensiones en longitud de fibras y espesor de pared celular, las cuales aumentan radialmente en la medida que el árbol crece, hasta estabilizarse a cierta distancia desde la médula (Panshin y De Zeeuw,

PALABRAS CLAVE / Anatomía de Madera / *Erisma uncinatum* / Fibras de Latifoliadas / Madera Adulta /

Recibido: 27/03/2014. Modificado: 29/04/2014. Aceptado: 06/05/2014.

Jesús Velásquez. Ingeniero en Industrias Forestales, Universidad Nacional Experimental de Guayana (UNEG), Venezuela. M.Sc. en Tecnología de Productos Forestales, ULA, Venezuela. Profesor, UNEG-Upata, Venezuela. Dirección: Laboratorio de Biotecnología de la Madera, Centro Biotecnológico

de Guayana (CEBIOTEG-UNEG). Código Postal 8052, Venezuela. jvelasquez@uneg.edu.ve

Belia Jiménez. Ingeniera en Industrias Forestales, UNEG, Venezuela.

Pedro Monagas. Ingeniero en Industrias Forestales, UNEG, Venezuela.

Frank M. Terzo. Ingeniero Agrónomo, Universidad de Oriente, Venezuela. M.Sc. en Ciencias Ambientales, UNEG, Venezuela. Profesor, UNEG, Venezuela.

María E. Toro. Ingeniera en Industrias Forestales, UNEG, Venezuela. M.Sc. en Tecnología de Productos Forestales, Universidad de los Andes, Vene-

zuela. Profesora, UNEG-Upata, Venezuela.

Yudith Ruiz. Ingeniera en Industrias Forestales, UNEG, Venezuela

FIBER MORPHOLOGY IN *Erisma uncinatum* Warm WOOD

Jesús Velásquez, Belia Jiménez, Pedro Monagas, Frank M. Terzo, María E. Toro and Yudith Ruiz

SUMMARY

The radial variation in lengths, cell wall thickness, total diameter and lumen diameter of fibers in *Erisma uncinatum* wood from the Imataca Forest Reserve, Venezuela, were studied. The results indicate a gradual increase of the first two parameters, as the distance is increased from the pith to periphery trunk, and an inverse behavior for fiber diameter and the lumen diameter. The xylem tissue of this species shows short fibers

of medium cell wall thickness. The average fiber length was 583.33 μ m and average cell wall thickness 1.54 μ m. Mean lumen diameter was 6.58 μ m and total fibers diameter ~9.70 μ m. Each evaluated parameter behaves radially in a particular way during the process of cell maturation. The results indicate a juvenile/mature wood demarcation from 50% of the radial distance in trees of 56cm average diameter.

ASPECTOS MORFOLÓGICOS NAS FIBRAS DA MADEIRA DE *Erisma uncinatum* Warm

Jesús Velásquez, Belia Jiménez, Pedro Monagas, Frank M. Terzo, María E. Toro e Yudith Ruiz

RESUMO

Avaliou-se a variação radial da longitude das fibras, espessura da parede celular, diâmetro da fibra e o diâmetro do lúmen da fibra, na madeira de *Erisma uncinatum*, proveniente da reserva Florestal Imataca, Venezuela. Os resultados apontam um incremento progressivo dos dois primeiros parâmetros na medida em que aumentou a distância da medula até o córtex da árvore, e um comportamento inverso para o diâmetro da fibra e o diâmetro do lúmen. O tecido xilémático da espécie apresenta fibras curtas de paredes celulares medianas. A lon-

gitude média das fibras foi de 583,33 μ m, com uma espessura da parede celular média de 1,54 μ m. O diâmetro do lúmen alcançou um valor médio de 6,58 μ m e o diâmetro total da fibra em volta foi 9,70 μ m. Os resultados obtidos indicam que radialmente cada parâmetro avaliado se comportou de forma particular no processo de maturação celular. Estatisticamente os resultados evidenciam a demarcação entre madeira juvenil/adulta a partir de 50% da distância radial nas árvores com diâmetro médio de 56cm.

1980; Fengel y Wegener, 1984; Zobel y Van Buijtenen, 1989; Tsoumis, 1991; Honjo *et al.*, 2005; León 2010b). Las investigaciones en el área de variabilidad de la madera son de importancia para conocer mejor su comportamiento en servicio y garantizar un adecuado aprovechamiento y uso (León, 2010b); sin embargo, éstas se han dirigido mayormente a coníferas, y en menor proporción a latifoliadas de la zona templada, siendo limitada la disponibilidad de estudios sobre latifoliadas de la zona tropical, y en particular de especies maderables provenientes de la Región Guayana, Venezuela.

El presente estudio tiene como objetivo determinar la variabilidad natural de las características morfológicas de las fibras (longitud de fibras, espesor de pared celular, diámetro del lumen celular y el diámetro de la fibra) en la madera de *E. uncinatum*, en árboles provenientes de bosque natural en la Reserva Forestal Imataca,

Estado Bolívar Venezuela, contribuyendo así a incrementar el conocimiento integral sobre la madera para un mejor aprovechamiento por parte de las industrias y usuarios comunes de este valioso material.

Materiales y Métodos

Obtención de las muestras de madera

Las muestras de madera empleadas en el estudio fueron recolectadas en la Unidad de Manejo N° 2, compartimiento C-5 de la Reserva Forestal Imataca, que forma parte del Municipio Autónomo Padre Chien, estado Bolívar, Venezuela. La zona de recolección se encuentra a 292msnm, presenta una precipitación media anual de 1233mm y una temperatura media anual de 25,6°C. Se seleccionaron seis árboles de la especie *Erisma uncinatum* Warm. La ubicación y características generales de los árboles se señalan en la Ta-

TABLA I
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ÁRBOLES
DE *Erisma uncinatum* (MUREILLO) EMPLEADOS
EN EL ESTUDIO

Árbol	Ubicación (GPS)	Altura de fuste (m)	Altura de copa (m)	Altura total (m)	DAP (cm)
1	08°06'35"N 61°40'16"O	16,30	9,50	25,80	64
2	08°06'40"N 61°38'27"O	15,70	15,30	31,0	52
3	08°06'45"N 61°35'29"O	15,0	15,0	30,0	61
4	08°05'22"N 61°30'09"O	15,0	10	25	58
5	08°06'26"N 61°38'23"O	15,0	7,5	24	53
6	08°06'45"N 61°33'58"O	16,40	10	26,40	63

bla I. De cada árbol se extrajo una rodaja de ~10cm de espesor a una altura de 1,30m sobre el nivel del suelo (altura de pecho; AP). Para realizar el estudio de la variación radial se tomaron submuestras en cinco puntos equidistantes siguiendo la longitud de los radios desde la médula hasta la corteza, a 0, 25, 50, 75 y 90% de la distancia radial (DR).

Preparación de material disociado y medición de parámetros

En cada uno de los cinco puntos de evaluación a lo largo del radio se realizaron cortes longitudinales en el sentido de las fibras con el propósito de recuperar sub-muestras bajo la forma de astillas. Para la preparación del material disociado se siguió la metodo-

TABLA II
COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE MEDIAS, SOBRE LA VARIACIÓN RADIAL DE LOS PARÁMETROS MORFOLÓGICOS DE LAS FIBRAS EN LA MADERA DE *E. uncinatum*

Parámetro	Distancia radial					Valor promedio
	0%	25%	50%	75%	90%	
LF (μm)	548,51 a (363,5-685,4)	579,28 b (406,2-775,4)	589,11 bc (431,6-709,9)	598,14 c (500,3-799,7)	601,59 c (494,3-757,2)	583,33 (363,5-799,7)
EPCF(μm)	1,39 a (0,40-3,62)	1,49 a (0,70-3,42)	1,50 a (0,80-3,46)	1,66 b (0,80-3,94)	1,74 b (0,90-4,04)	1,56 (0,40-4,04)
DLF (μm)	7,87 a (1,65-13,20)	7,39 a (1,84-15,40)	6,37 b (1,11-12,88)	5,82 bc (1,32-13,42)	5,45 c (1,40-11,31)	6,58 (1,11-15,40)
DF (μm)	10,67 a (3,72-17,19)	10,37 a (4,64-18,55)	9,39 b (3,27-15,73)	9,13 b (3,75-16,07)	8,90 b (3,72-15,96)	9,70 (3,27-18,55)

Se indica valor medio y valores mínimos y máximos entre paréntesis. Las letras se leen horizontalmente.

logía descrita por Jorge *et al.* (2000), colocando las astillas de madera bajo remojo en una solución 1:1 peróxido de hidrógeno y ácido acético glacial, hasta que las astillas adquirieron un color blanquecino. Posteriormente se lavaron con abundante agua destilada de modo de eliminar el excedente de la solución. Al material disociado se le añadió safranina en un platillo de maceración, dejándolas durante 6h. Las fibras coloreadas se lavaron con agua destilada para eliminar el exceso de colorante. Por cada punto de muestreo en dirección radial se prepararon tres láminas permanentes con el material disociado y teñido. En cada lámina se hicieron 30 mediciones de cada uno de los parámetros en estudio: longitud de fibras (LF), espesor de pared celular de las fibras (EPCF) diámetro del lumen de la fibra (DLF) y el diámetro de la fibra (DF). Las observaciones y captura de microfotografías fue realizada con una cámara digital Leica (modelo DFC280 R2) acoplada a un microscopio triocular Leica modelo DME. Las mediciones se realizaron empleando el analizador de imágenes Image-Pro Express 6.0.

Análisis de la información

Las pruebas estadísticas se realizaron empleando el paquete SPSS 13.0, con un nivel de confianza del 95%. La distribución de la normalidad y la homogeneidad residual de la varianza de

los parámetros bajo estudio fue verificada aplicando las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y el estadístico de Levene. La relación entre atributos morfológicos de las fibras fue verificada mediante el análisis de correlación de Pearson. La evaluación de las diferencias estadísticas significativas de los aspectos morfológicos entre los cinco puntos de muestreo radial (efecto distancia radial) fue evaluada mediante la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey.

Resultados y Discusión

La Tabla II muestra los valores medios, así como los mínimos y máximos entre paréntesis, obtenidos en la evaluación radial de los aspectos morfológicos en las fibras de la madera de *E. uncinatum*, indicando con letras el resultado del análisis de la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey para cada parámetro estudiado. El análisis de varianza (ANOVA) evidenció la existencia de diferencias altamente significativas ($P < 0,05$) dentro los cuatro parámetros bajo estudio y los puntos de evaluación radial en la madera.

La LF en la madera de *E. uncinatum* mostró un valor promedio de 583,33μm, con un nivel de variación total en la dirección médula-corteza del 9,7%. El valor promedio del EPCF fue de 1,54μm, con valores mínimos y máximos de 0,40 y 4,04μm, respectivamente. El DLF alcanzó un valor medio de 6,58μm de

diámetro (1,11-15,40μm), y un DF alrededor de 9,70μm de diámetro (3,27-18,55μm). Comparando estos resultados con la clasificación estándar establecida por la IAWA (1989), la madera de *E. uncinatum* empleada en esta investigación se caracteriza por ser una madera de fibra corta (<900μm), y paredes celulares de que van de delgadas a gruesas (es decir, pared celular mediana).

Estos resultados son similares a los reportados por Corrothie (1967) y León (2010a), quienes señalaron que la madera de *E. uncinatum* presenta fibras de paredes celulares medianas. Sin embargo, difieren significativamente de lo señalado en otros reportes técnicos, por ejemplo: de la ficha técnica del IFLA (1992), se puede extraer un espesor de pared celular entre 4,8 y 5,4μm, y fibras medianas con valores entre 1200 y 1300μm de longitud.

Adicionalmente, Detienne y Ter Weller (1998) señalaron, para el género *Erismia*, una lon-

gitud de las fibras entre 920-1825μm, con un espesor de pared celular entre 4-8μm, tres veces superior al promedio obtenido en este estudio. Cabe indicar que el EPCF cerca de la corteza (90% DR) varió en el presente estudio entre 0,80 y 4,04μm, siendo este segundo valor comparable a los señalados por IFLA (1992) y por Detienne y Ter Weller (1998). Los valores reportados en estos últimos trabajos son superiores al determinado en el presente trabajo; sin embargo, en esos estudios no se señalan aspectos importantes como la procedencia de la muestra, las características de los individuos, el punto de muestreo dentro del árbol, y no se analiza en detalle la variabilidad radial de los atributos morfológicos de las fibras de la madera en la especie.

El análisis del coeficiente de correlación de Pearson ($r_{x,y}$) entre los parámetros morfológicos de las fibras de *E. uncinatum*, que se muestra en la Tabla III, señala la existencia de correlaciones altamente significativas ($P < 0,05$ y $0,01$) entre los cuatro parámetros bajo estudio y la distancia radial de evaluación (DR). Se evidenció una correlación positiva de LF y EPCF con DR (0,340 y 0,217 respectivamente), y una correlación negativa significativa entre DLF y DF en relación a DR (-0,370 y -0,275).

Las relaciones entre atributos morfológicos de las fibras señalan que el DLF y el DF, están negativamente correlacionados con LF y el EPCF, tal y como se observa en la Tabla III. Otras dos observaciones son que el DLF está positiva y sig-

TABLA III
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON, ENTRE LOS PARÁMETROS MORFOLÓGICOS DE LAS FIBRAS EN LA MADERA DE *E. uncinatum*

	LF	EPCF	DLF	DF	DR
LF		0,054	-0,126**	-0,101**	0,340**
EPCF	0,054		-0,223**	0,225**	0,217**
DLF	-0,126**	-0,233**		0,899**	-0,370**
DF	-0,101**	0,225**	0,899**		-0,275**
DR	0,340**	0,217**	-0,370**	-0,275**	

LF: longitud de fibras, EPCF: espesor de pared celular de las fibras, DLF: diámetro del lumen de la fibra, DF: diámetro de la fibra.

** Correlación significativa entre parámetros para $P < 0,05$ y $0,01$. $N = 900$.

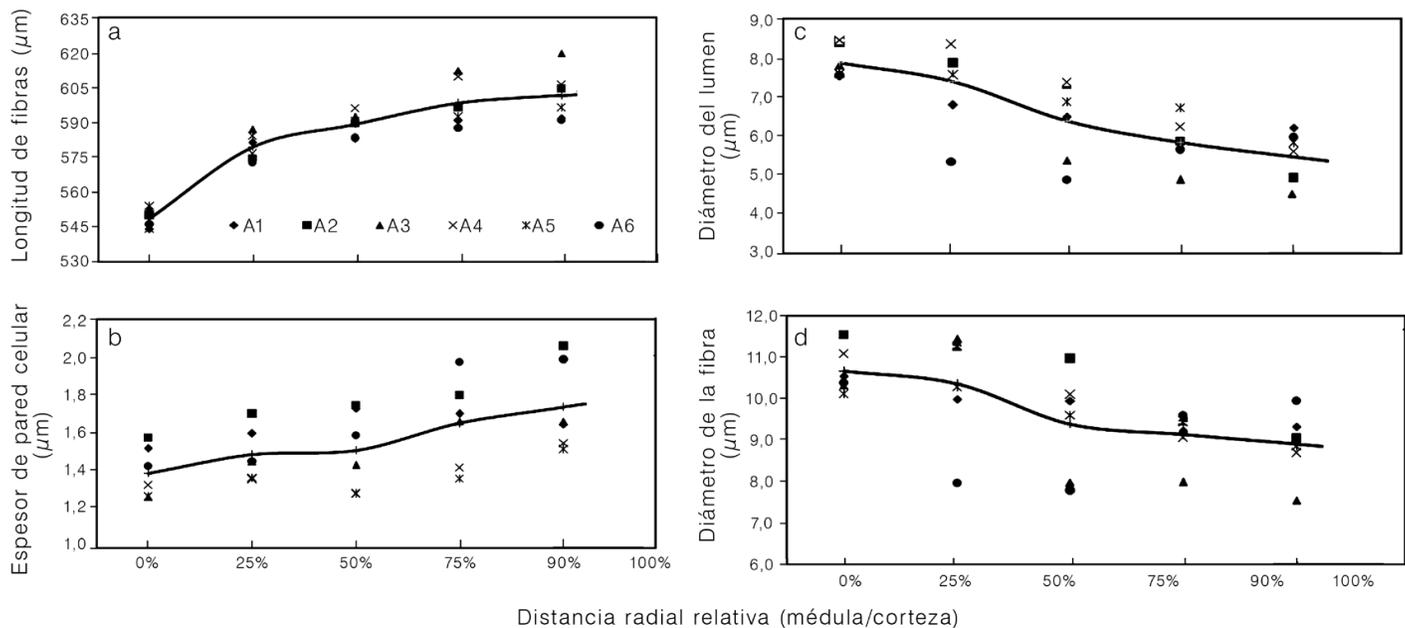


Figura 1. Patrón de variación radial observado en los aspectos morfológicos de las fibras de la madera de *E. uncinatum* (se indican los valores para cada árbol (A_i) y la línea de tendencia para cada parámetro evaluado).

nificativamente relacionado con DF, y la ausencia de correlación entre LF y EPCF.

La variación radial de los aspectos morfológicos de las fibras en la madera de *E. uncinatum* se muestra en la Figura 1, donde se aprecia que LF y EPCF (Figura 1a y b) muestran un comportamiento similar, con un incremento desde la parte interna del tronco hasta la parte más externa. En cambio DLF y DF (Figura 1c y d) muestran un comportamiento inverso, es decir una disminución. Esta tendencia de variación se observó en todos los individuos muestreados. Los cambios biométricos de las fibras de *E. uncinatum* obtenidos corroboran lo señalado en la bibliografía especializada en torno al comportamiento y desarrollo celular que experimentan las fibras de la madera en la medida que se incrementa la distancia radial y/o la edad fisiológicas de las células cambiales, básicamente como parte de un proceso de variación y crecimiento natural a través del cual el cambium vascular produce o forma la madera en las especies forestales maderables (Panshin y De Zeeuw, 1980; Fengel y Wegener, 1984; Zobel y Van Buijtenen, 1989; Bhat *et al.*, 1990; Jorge *et al.*, 2000;

Gominho *et al.*, 2001; Igartúa *et al.*, 2003; Núñez, 2004; Moya y Tomazello, 2009).

Las fibras en la madera de *E. uncinatum* son significativamente ($P \leq 0,05$) más cortas en las adyacencias de la médula en comparación con las fibras cercanas a la corteza (548,51 y 601,59 μm respectivamente). Entre los puntos de evaluación radial, el mayor nivel de variación se observó entre el 0 y 25% de DR, con casi el 58% de la variación total que experimentó este parámetro en esta dirección. Comparativamente, entre los demás puntos de evaluación radial el nivel de variación determinado fue $< 1,5\%$. Entre 25 y 50% de DR se observa una disminución de la pendiente de la curva y por ende de la velocidad de crecimiento de las fibras (Tabla II y Figura 1), que incrementaron su longitud en apenas 9 μm , con ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre ambos puntos de evaluación; definiéndose una zona de leves cambios con posibles tendencias a una transición. Finalmente, se observa que por encima del 50% DR, la LF estadísticamente experimentó una normalización y estabilización del parámetro (Tabla II), con una longitud promedio entre

los tres últimos puntos de evaluación de 596,28 μm . Diversos trabajos señalan que el límite entre la formación de madera juvenil/adulta se define con frecuencia cuando la longitud de las fibras tienden a una estabilización en el crecimiento (Zobel y Van Buijtenen, 1989; Fujiwara y Yang 2000; Hongo *et al.*, 2005; Tsuchiya y Furukawa, 2009; León, 2010b). En el presente estudio ese punto sugiere que a partir de 50% DR se da la marcación madera juvenil/adulta en la madera de *E. uncinatum* procedente de un bosque natural, en la Reserva Forestal Imataca, Venezuela.

El EPCF en la madera de *E. uncinatum* mostró variaciones leves y permanentes a lo largo del distanciamiento radial (Figura 1b). La prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0,05$) indica que en la porción interna del tronco, el EPCF es significativamente más delgado en comparación con las fibras ubicadas cercanas a la corteza (1,39 y 1,73 μm respectivamente). Entre 0 y 50% de DR se observó un incremento promedio de 0,12 μm del EPCF, con ausencia de diferencias significativas entre ellos, aunque la diferencia con los dos últimos puntos de evaluación fue evidente (Tabla II).

Estadísticamente se evidenciaron dos zonas claramente delimitadas en el 75% DR ($P \leq 0,05$), señalando que este parámetro pasa de su estado juvenil/adulto a partir de este punto de evaluación. El valor del EPCF en el 75% no evidenció diferencias significativas importantes con el 90% de DR (1,65 y 1,74 μm respectivamente), y solo incrementó 0,09 μm el espesor de la pared.

Radialmente el DLF mostró su mayor valor en los alrededores de la médula entre el 0 y 25% de DR, con un promedio de 7,63 μm de diámetro (Figura 1c). A pesar de que el valor puntual entre estos dos puntos disminuye radialmente, no se observaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) para este parámetro. Éstas solo fueron evidentes con el valor obtenido en el 50% de DR (6,37 μm de diámetro), donde se produce un cambio. A partir de este punto, se observa una transición entre el 50 y 75% DR (Tabla II) con ausencia de diferencias estadísticas importantes del DLF entre ambos puntos. Este parámetro inicia el pase de su estado de inmadurez/madures por encima del 50% DR.

Al igual que DLF, el DF mostró una disminución significativa en la medida que se

incrementó la distancia radial desde la médula (Figura 1d). El comportamiento radial de DF muestra dos zonas bien definidas (Tabla II), donde se evidencia que las fibras son de mayores diámetros en el centro del tronco del árbol, sin diferencias estadísticas entre los dos primeros puntos de evaluación (10,67 y 10,37µm respectivamente). Las diferencias se hacen evidentes al comparar a éstos con los tres últimos puntos de evaluación radial (50, 75 y 90%), sectores en los cuales se normaliza estadísticamente el parámetro y se define el proceso de maduración celular a partir del 50% DR.

Los resultados obtenidos indican que radialmente cada parámetro evaluado en las fibras en la madera de *E. uncinatum* se comporta de forma particular en el proceso de diferenciación/maduración celular. Comportamientos similares han sido previamente señalados por Zobel y Van Buijtenen (1989), Moya *et al.*, (2009) y Tsuchiya y Furukawa (2010) como una tendencia normal, ya que la tasa de cambio en la estructura anatómica de la madera juvenil/adulta es diferente para cada atributo. Usualmente algunas estructuras anatómicas cambian y se estabilizan más rápidamente que otras, precisamente lo que se observó en el presente estudio.

La tendencia de variación radial experimentada por las fibras en la madera de *E. uncinatum* es similar al reportado en otras investigaciones sobre otras especies latifoliadas. Por ejemplo, Helińska y Fabisiak (1991) señalaron que la longitud de las fibras y los elementos vasculares se incrementaron linealmente desde la médula hasta la corteza en la madera de *Sessile oak*. León y Espinoza (1998), al estudiar la madera de *Cordia thaisiana*, señalaron que la longitud de las fibras aumentó marcadamente desde la médula hasta la corteza y, en cambio, el espesor de la pared celular experimentó pocas variaciones en esa dirección. Similares resultados encontró Núñez (1999) en la madera de *Cordia trichotoma*,

además de una importante disminución del ancho de la fibra en la dirección medula-corteza.

Florsheim *et al.* (2000) determinaron un aumento de la longitud de las fibras desde la médula a la corteza en la madera de *Eucalyptus saligna*. Igártua *et al.* (2002) y Monteoliva *et al.* (2002) reportaron la misma tendencia en la madera de *Eucalyptus globulus*. Similares resultados señalaron Núñez (2004) y Sharma *et al.* (2005) para *Eucalyptus grandis* y *E. tereticornis*, respectivamente, tanto en la longitud como en el espesor de la pared celular de las fibras; adicionalmente estos últimos autores reportaron leves variaciones del diámetro del lumen y diámetro total en las fibras.

Por otro lado, Hongo *et al.* (2005) determinaron un incremento de la longitud de las fibras en la dirección médula corteza en la madera de *Acacia mangium* procedente de Indonesia y Malasia. Similares resultados en seis clones del género *Salix* procedente de Argentina reportaron Monteoliva *et al.* (2006). Moya *et al.* (2007) señalaron, en *Gmelina arborea* procedente de Costa Rica, un incremento de la longitud de las fibras, el espesor de la pared celular y diámetro de la fibra, con leves variaciones del diámetro del lumen celular. Toro *et al.* (2008) demostraron que la longitud de la fibra en la madera de *Carapa guianensis*, se incrementó significativamente a medida que aumenta la edad fisiológica de las células cambiales. Ishiguri *et al.* (2009) determinaron un incremento del espesor de la pared celular de las fibras y una leve variación del diámetro de la fibra desde la médula a la corteza en la madera de *Paraserianthes falcataria*. Así mismo, en la especie *Tectona grandis* Moya *et al.* (2009) mostraron una demarcación madera juvenil/adulta al evaluar la variación radial de diferentes elementos anatómicos. León (2010b), en la madera de *Swietenia macrophylla* King, observó que la longitud de fibras aumentó desde las adyacencias de la médula hasta

un punto donde el valor se hace constante, y luego tiende a disminuir.

Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden y refuerzan dos aspectos importantes señalados por Velásquez *et al.* (2009), quienes al evaluar la variabilidad del peso específico en la madera de *E. uncinatum* indicaron, por un lado, un incremento progresivo del peso específico de la madera en la medida que se incrementa la distancia desde la médula a la periferia del tronco, ya que el aumento en el grosor de las paredes de celulares de las fibras, como las determinadas en el presente trabajo, producen un incremento del valor de peso específico en la madera (León, 2010a). Un segundo aspecto fue el hecho de proponer una demarcación preliminar (que se corrobora aquí) entre madera juvenil/adulta a partir del 50% de la distancia radial médula/corteza, para estas mismas muestras de madera, sin definir en detalle una zona de transición para esa propiedad.

El comportamiento radial descrito para las fibras de la madera de *E. uncinatum* (LF más largas, EPCF más gruesa y menores DLF) responde a una necesidad biomecánica del árbol, ya que en la medida que se incrementa su diámetro y altura, requiere formar fibras que conformen un tejido xilemático más resistente, a fin de evitar el colapso al cual sería sometido por el incremento del tamaño del árbol, y cumplir así sus funciones de resistencia y soporte mecánico. Observaciones similares fueron señaladas por Ismail *et al.* (1995), Moglia y López (2001) y Velásquez *et al.* (2009).

Conclusion

Los aspectos morfológicos de las fibras de *E. uncinatum* evaluados señalan que ésta es una madera cuyas fibras son finas, cortas y de pared celular mediana, con un patrón de variación radial que evidencia un incremento progresivo de la longitud de la fibras y el espesor de la pared celular, y una

disminución tanto de diámetro de las fibras como del lumen de estas células en la dirección médula-corteza, con una normalización de todos los parámetros en la porción externa del tronco del árbol. A pesar de que cada parámetro evaluado mostró su estado de maduración en un momento particular, es posible señalar que a partir de 50% de la distancia radial se define la diferenciación entre los estados juvenil/adulta en la madera de la especie estudiada.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al FONACIT el financiamiento otorgado a través del fortalecimiento del Centro Biotecnológico de Guayana (CE-BIOTEG) de la Universidad Nacional Experimental de Guayana (UNEG) número Pem2001001639, y a la empresa CODEFORSA el apoyo logístico y técnico en la búsqueda de las muestras de madera.

REFERENCIAS

- Bhat K, Bhat KV, Dhamodaran T (1990) Wood density and fiber length of *Eucalyptus grandis* grow in Kerala, India. *Wood Fiber Sci.* 22: 54-61.
- Corothie H (1967) *Estructura Anatómica de 47 Maderas de la Guayana Venezolana: Clave para su Identificación*. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Universidad de Los Andes. Venezuela. 125 pp.
- Detienne P, Ter Weller B (1998) Wood and timber Vochysiaceae. Wood anatomy. En Gorts A, Jansen M (Eds.) *Flora of the Guianas*. Fasc. 21, Ser. A. pp. 66-70.
- Faría J, Rodríguez M, Silva R, León A (2005) *Anuario Estadísticas Forestales N° 8, 2002/2003/2004*. Dirección General de Bosques. Ministerio del Ambiente. Caracas, Venezuela.
- Faría J, Rodríguez M, Pérez O, Ramírez S (2006) *Anuario Estadísticas Forestales N° 9, 2005*. Dirección General del Recurso Forestal. Ministerio del Ambiente. Caracas, Venezuela.
- Fengel D, Wegener G (1984) *Wood: Chemistry, Ultrastructure and Reactions*. de Gruyter. Nueva York, EEUU. 613. pp.
- Florsheim S, Cuoto H, Spegiroin L, Rocha F (2000) *Variación da estrutura anatómica da Madei-*

- ra de *Eucalyptus salina* daos 7 anos. *Rev. Inst. Flor. São Paulo* 12:179-191.
- Fujiwara S, Yang K (2000) The relationship between cell length and ring whithd and circumferential growth rate in five Canadian species. *IAWA Journal* 21: 335-345.
- Gominho J, Figueira J, Rodríguez J, Pereira H (2001) Within-tree variation of hardwood extractives and wood density in the Eucalypt hybrid urograndis (*Eucalyptus grandis* & *E. urophylla*). *Wood Fiber Sci.* 33: 3-8.
- Helińska L, Fabisiak E (1991) Radial variation and growth rate in the length of axial elements of Sessile oak wood. *IAWA Journal* 12: 257-262.
- Honjo K, Furukawa I, Sahri M (2005) Radial variation of fiber length increment in *Acacia mangium*. *IAWA Journal* 26: 339-352.
- IAWA (1989) List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull.* 10: 222-322.
- IFLA (1992) *Serie Maderas Comerciales de Venezuela, Ficha Técnica N° 5: Mureillo*. Instituto Forestal Latinoamericano. Mérida, Venezuela. 27 pp.
- Igartúa D, Monteoliva S, Monterubianesi M, Villegas M (2002) Calidad del leño en *Eucalyptus globulus* spp. Globulus: II. Variaciones en la densidad básica y la longitud de fibras en Lobería, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Rev. Fac. Agron. La Plata.* 105: 29-39.
- Igartúa D, Monteoliva S, Monterubianesi M, Villegas M (2003) Basic density and fibre length at breast height of *Eucalyptus globulus* for parameter prediction of the whole tree. *IAWA Journal.* 24: 173-184.
- Ishiguri F, Hiraiwa T, Lizuka K, Yokota S, Priadi D, Sumiasri N, Yoshizawa N (2009) Radial variation of anatomical characteristics in *Paraserianthes falcataria* planted in Indonesia. *IAWA Journal* 30: 343-352.
- Ismail J, Jusoh M, Sahari M (1995) Anatomical variation in planted Kelampayan *Neolamarckia cadamo* (RUBIACEAE). *IAWA Journal* 16: 277-288.
- Jorge F, Quilho T, Pereira H (2000) Variability of fibre length in wood and bark in *Eucalyptus globulus*. *IAWA Journal* 21: 41-48.
- Justiniano M, Fredericksen J (1999) *Ecología y Silvicultura de Especies menos Conocidas Cambará Hembra* *Erismata uncinatum* Warm. Vochysiaceae. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible Bolfor. Santa Cruz, Bolivia. 29 pp.
- León W, Espinoza N (1998) Variabilidad de la madera de *Cordia thaisiana* (Boraginaceae) en sentido Transversal. *Rev. Forest. Venez.* 41: 15-23.
- León W (2010a) Anatomía y densidad o peso específico de la madera. *Rev. Forest. Venez.* 54: 67-76.
- León W (2010b) Variabilidad de la madera de *Swietenia macrophylla* King proveniente de plantaciones de 10 años de edad (Caparo, Edo. Barinas, Venezuela). *Rev. Forest. Venez.* 54: 169-182.
- Llamoza S, Duno di Stefano R, Meier W, Rina R, Stauffer F, Aymard G, Huber O, Ortiz R, (2003) *Libro Rojo de la Flora Venezolana*. Fundación Polar. Fundación Instituto Botánico de Venezuela, Caracas, Venezuela. 555 pp.
- MARN (1999) *Anuario Estadístico Forestal, 1997*. Serie N° 5. Ministerio del Ambiente de los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.
- Moglia J, López C (2001) Tendencias de variación radial del leño de *Aspidosperma quebracho blanco*. *Inv. Agri Sist. Rec. For.* 10: 69-79.
- Monteoliva S, Núñez C, Igartúa D, (2002) Densidad básica, longitud de fibras y composición química de la madera de una plantación de *Eucalyptus globulus* en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *II Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel* (CIADICYP). Sao Paulo, Brasil.
- Monteoliva S, Marquina J, Senesterra G, Marlats R (2006) Variación axial y radial de la longitud de fibras en seis clones de *Salix*. *Rev. Fac. Agron. La Plata* 106: 13-19.
- Moya R, Tomazello M (2009) Variación radial da estrutura anatómica do lenho de árvores de *Gmelina arborea* em diferentes condições de clima e de manejo na Costa Rica. *Sci. Florest.* 37(83): 105-177.
- Moya R, Tomazello M, Canessa E (2007) Fiber morphology in fast growth *Gmelina arborea* plantations. *Madera y Bosques* 13: 3-13.
- Moya R, Berrocal A, Serrano R, Tomazello M (2009) Radial variation of anatomical features, wood density and decay resistance in teak (*Tectona grandis*) from two qualities of growing sites and two climatic regions of Costa Rica. *Inv. Agric.: Sist. Rec. Forest.* 18: 119-131.
- Núñez C (1999) La madera de Peteribí, *Cordia Trichotoma* (Vell) Johns., como Recurso fibroso. I - Morfología, dimensiones y variación con la edad de los elementos celulares. *Rev. Cienc. Tecnol.* 2: 44-50.
- Núñez C (2004) Morfología fibrosa de la madera del *Eucalyptus grandis* implantado en la Mesopotamia Argentina. I. Atributos biométricos. *III Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel* (CIADICYP). Córdoba, España.
- Panshin A, De Zeeuw C (1980) *Textbook of Wood Technology*. 4ª ed. McGraw-Hill. Nueva York, EEUU. 722 pp.
- Serfoven (1993) *Estadísticas Forestales 1991-1992*. Serie N° 3. Ministerio del Ambiente de los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela. 308 pp.
- Sharma S, Rao R, Shukla S, Kumar P, Sudheendra R, Sujatha M, Dubey Y (2005) Wood quality of coppiced *Eucalyptus tereticornis* for value addition. *IAWA Journal* 26: 137-147.
- Toro M, León W, Velásquez J (2008) Variabilidad de la fibra en el sentido radial de la especie *Carapa guianensis*. *Mem. IV Cong Forestal Latinoamericano* (2-5/04/2008). Mérida Venezuela. p. 46.
- Tsoumis G (1991). *Science and Technology of Wood. Structure, Properties, Utilization*. Van Nostrand Reinhold. Nueva York, EEUU. 494 pp
- Tsuchiya R, Furukawa I (2009) Radial variation in the size of axial elements in relation to stem increment in *Quercus serrata*. *IAWA Journal* 30: 15-26
- Tsuchiya R, Furukawa I (2010) Synchronized maturation of vessel diameter and ray width in *Zelkova serrata*. *IAWA Journal* 31: 269-282.
- Velásquez J, Toro M, Gómez L, Terzo F, Márquez A (2009) Patrón de variación axial y radial del peso específico en la madera de *Erismata uncinatum* Warm. *Interciencia* 34: 873-893.
- Zobel B, Van Buijtenen J (1989) *Wood Variation: Its Causes and Control*. Springer. Berlin, Alemania. 363 pp.