

Polibotánica

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

ANATOMÍA Y ANUALIDAD DE LOS ANILLOS DE CRECIMIENTO DE TRES ESPECIES DEL BOSQUE SECO TROPICAL DEL CARIBE DE COLOMBIA

WOOD ANATOMY AND ANNUITY OF THREE RINGS OF SPECIES OF THE DRY FOREST IN THE CARIBBEAN OF COLOMBIA

Briceño-J., A.M.; J.O. Rangel-Ch., y S. Marys Bogino.

ANATOMÍA Y ANUALIDAD DE LOS ANILLOS DE CRECIMIENTO DE TRES ESPECIES DEL BOSQUE SECO TROPICAL DEL CARIBE DE COLOMBIA.

WOOD ANATOMY AND ANNUITY OF THREE RINGS OF SPECIES OF THE DRY FOREST IN THE CARIBBEAN OF COLOMBIA.

ANATOMÍA Y ANUALIDAD DE LOS ANILLOS DE CRECIMIENTO DE TRES ESPECIES DEL BOSQUE SECO TROPICAL DEL CARIBE DE COLOMBIA.

WOOD ANATOMY AND ANNUITY OF THREE RINGS OF SPECIES OF THE DRY FOREST IN THE CARIBBEAN OF COLOMBIA.

Briceño-J., A.M.;
J.O. Rangel-Ch.,
y S. Marys Bogino.

ANATOMÍA Y ANUALIDAD
DE LOS ANILLOS DE
CRECIMIENTO DE TRES
ESPECIES DEL BOSQUE
SECO TROPICAL DEL
CARIBE DE COLOMBIA

WOOD ANATOMY AND
ANNUIY OF THREE RINGS
OF SPECIES OF THE DRY
FOREST IN THE
CARIBBEAN OF
COLOMBIA

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 46: 169-178. Julio 2018

DOI:

10.18387/polibotanica.46.10

A.M. Briceño-J./ ambricenoj@unal.edu.co

J.O. Rangel-Ch.

*Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia,
Carrera 30 Núm. 45-03, Bogotá, Colombia. Teléfono 3165000-11512.*

S. Marys-Bogino

*Departamento de Ciencias Agropecuarias
Universidad Nacional de San Luis*

Avenida 25 de Mayo 384, Villa Mercedes, San Luis, Argentina.

RESUMEN: En secciones transversales de la madera de *Anacardium excelsum* (Bertero ex Kunth.) Skeels., *Bursera simaruba* (L.) Sarg. y *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg., se caracterizó la anatomía y se diferenciaron los anillos de crecimiento anual. Estas especies crecen en los bosques tropicales secos de la reserva Los Besotes y Río de Janeiro en Valledupar (Cesar, Caribe de Colombia). Las especies estudiadas mostraron poros solitarios o en agrupaciones múltiples, de diámetro pequeño o mediano. La delimitación (marcaje) de los anillos de crecimiento fue un proceso con dificultades porque las secciones de las maderas de *B. simaruba* y *A. polyneuron*, presentaron manchas de resina mientras que los anillos de *A. excelsum* no eran fácilmente distinguibles. Los resultados obtenidos confirman la posibilidad de diferenciar la formación anual de los anillos en especies que crecen en los bosques tropicales secos.

Palabras claves: anatomía de la madera, anillos de crecimiento, Bosque seco tropical, Caribe colombiano.

ABSTRACT: In transverse sections of the wood of *Anacardium excelsum* (Bertero ex Kunth.) Skeels., *Bursera simaruba* (L.) Sarg. and *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg., the anatomy was characterized and the annual growth rings were differentiated. These species grow in the dry tropical forests of the reserve of Besotes and Rio de Janeiro in Valledupar (Cesar, Caribbean of Colombia). The species studied presented solitary pores or in multiples clusters, of small or medium diameter. The delimitation (marking) of the annual rings of growth was a process with difficulties because the sections of the woods of *B. simaruba* and *A. polyneuron*, presented resin spots while the rings of *A. excelsum* were not easily distinguishable. The results obtained confirm the possibility of differentiating the annual formation of rings in species that grow in dry tropical forests.

Keywords: Wood anatomy, growth rings, Tropical dry forest, Colombian Caribbean.

INTRODUCCIÓN

Las características anatómicas de la madera del leño y la anualidad en la formación de los anillos de crecimiento constituyen un referente imprescindible en las investigaciones sobre la dendrocronología de las especies tropicales. En la madera de varias especies de los bosques secos tropicales, se han encontrado características comunes como poros numerosos, pequeños, estrechos en la madera tardía, tílides, anillos delimitados por parénquima, inclusiones de cristales, presencia de bandas más oscuras en las fibras, engrosamiento de las paredes y disminución en el tamaño de los poros en el límite de los anillos de crecimiento (López, 2011). La caracterización anatómica de la madera de una especie permite conocer su comportamiento asociativo y su relación con el medio ambiente (Grande & Polanco, 2007).

La utilidad de los anillos de crecimiento de especies arbóreas en investigaciones dendrocronológicas, se deriva de la resolución anual, datación precisa y la sensibilidad de los mismos a las variaciones del clima (Gebrekirstos, Bräuning, Sass-Klassen, & Mbow, 2014). Varios factores ambientales producen estrés que afecta la fisiología de las especies y cuyo efecto queda registrado en los anillos de crecimiento de los árboles (Roig et al., 2005).

En varias especies tropicales, los anillos de crecimiento son poco visibles, además se pueden formar bandas interanuales o falsos anillos de crecimiento que dificultan su correcta datación. Por esto, se hace necesario el estudio anatómico de la madera, que caracteriza a los anillos de crecimiento para identificarlos en las barrenas o cortes basales (Roig, 2000). Frecuentemente, los anillos bien definidos están en especies con porosidad semicircular o con parénquima marginal en bandas (Callado, Barros, Costa, da Silva Neto, & Scarano, 2001).

En las especies arbóreas con follaje permanente de las zonas inundables tropicales de Brasil, la formación de los anillos se relacionó con las inundaciones; mientras que en especies caducifolias y semicaducifolias se relacionó con la pérdida del follaje (Callado et al., 2001). Entre las características de la madera de las especies del bosque seco tropical que definen los anillos de crecimiento figuran: los poros numerosos, pequeños, el engrosamiento de las paredes de las células, las inclusiones de cristales, tílides y anillos angostos (Barajas - Morales, 1985).

En los bosques secos tropicales del Caribe de Colombia se establecen *Anacardium excelsum* (Bertero ex Kunth.) Skeels, *Bursera simaruba* (L.) Sarg y *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. especies con potencial dendrocronológico. La factibilidad de una datación dendrocronológica correcta depende de la capacidad de cada especie para formar anillos anuales de crecimiento que se puedan diferenciar. La información que se recoge a este respecto es útil para estudios climáticos, ecológicos y antropológicos en escala temporal.

Con base en los estudios previos que dan cuenta del valor de las especies tropicales para análisis dendrocronológicos, la existencia de especies leñosas de importancia ecológica en los bosques tropicales secos de Colombia y la conveniencia de colaborar en el esclarecimiento de la presencia o no de anillos de crecimiento anuales en las especies tropicales, se planteó caracterizar la anatomía de la madera y diferenciar los anillos de crecimiento anual en *A. excelsum*, *B. simaruba* y *A. polyneuron* que crecen en el bosque tropical seco del Caribe de Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio. Los muestreos se realizaron en los relictos de bosque seco tropical en Valledupar en el departamento del Cesar de Colombia, una de las regiones que cuenta con bosques secos característicos del trópico y con mayor diversidad florística en comparación con otras áreas geográficas de la región tropical (Rangel - Ch., 2015). Los sitios de muestreo fueron

las reservas privadas de Los Besotes (10° 34' 22.3''N, 73° 16'0.10''W) y de Río de Janeiro (10°31'04.2''N, 73°10'38.6''W).

Se definieron para el Caribe catorce unidades climáticas cuyos montos de precipitación anual varían entre < 500 mm y > 3000 mm (Rangel - Ch. & Carvajal - Cogollo., 2012); en el área de estudio están representadas tres de esas catorce unidades climáticas: A1 (precipitación anual > 600-1000 mm), B1 (precipitación anual > 1000-1400 mm) y C1 (precipitación anual > 1400-1800 mm). La temperatura media anual es de 29°C.

Los tipos de clima según Thornwaite para el área de estudio son: DS₂A' (semiárido) con marcada deficiencia de agua en la época seca (diciembre a marzo) y; C₁SA' (semiseco) con deficiencia moderada de agua en la época seca (Rangel - Ch. & Carvajal - Cogollo., 2012).

Anacardium excelsum (Bertero ex Kunth.) Skeels de la familia Anacardiaceae es dominante en los bosques secos y semihúmedos del Caribe de Colombia; en zonas muy húmedas del Chocó biogeográfico. En bosques ribereños forma densos bosques especialmente en la llanura de inundación de los ríos y en áreas con buen contenido de agua en el sustrato (Rangel - Ch., 2012). En la reserva de Los Besotes es una especie dominante de la formación de los bosques de *Myrcianthes* aff. *fragrans* y *Brosimum alicastrum* en localidades por encima de 500 m de altitud (Berdugo - Lattke & Rangel - Ch., 2015). Puede alcanzar más de 40 m de altura, posee un tronco recto y cilíndrico, sin bambas (Vásquez & Ramírez, 2005). Se mencionó en las comunidades climáticas de las selvas altas perennifolias y las selvas bajas caducifolias de América central y en las zonas costeras tipo manglar e igualmente en zonas xerófilas con suelos arenosos (Martínez & Cevallos, 2005, Thorne, 1992).

Bursera simaruba (L.) Sarg de la familia Burseraceae es de amplia distribución en los bosques tropicales desde México, Florida y las Antillas, hasta el norte de América del Sur, por debajo de 1 400 m s.n.m. En Colombia es de amplia distribución en todas las regiones naturales. Es dominante en las formaciones boscosas del Caribe, por ejemplo, en la vegetación del complejo cenagoso de Zapatosa donde se combina con los palmares mixtos de *Attalea butyracea* (Mutis ex L.f.) Wess.Boer (Rangel - Ch., Avella - M., & Rivera - D., 2013) y en la región tropical del gradiente cordillerano donde forma bosques extensos. También se le ha mencionado en áreas del escudo Guayanés, en el Parque Nacional Natural El Tuparro donde es codominante en los palmares mixtos de *Attalea maripa*. (Aubl.) Mart. En la reserva de Los Besotes *Bursera simaruba* es dominante en la gran formación de los bosques de *Pterocarpus acapulcensis* Rose, fitocenosis en la cual aparece *A. polyneuron*, especialmente en las localidades por debajo de 500 m de altitud. En la reserva Río de Janeiro, *B. simaruba* es dominante en los palmares de *Copernicia tectorum* (Kunth) Mart. (palma sará) y en los bosques secundarios de *Pseudobombax septenatum* (Jacq.) Dugand y *Machaerium arboreum* (Jacq.) Vogel (Rangel - Ch., Avella - M., & Rivera - D., 2013). *B. simaruba* posee valor tanto medicinal por sus propiedades antiinflamatorias como económico por sus aceites esenciales, esteroides y lignanos que se encuentran en sus resinas. Tiene conductos resiníferos que proporcionan oleorresinas y gomorresinas con propiedades balsámicas (Carretero et al., 2008). Su madera se utiliza para la fabricación de fósforos, chapas y cajas (Rojas, 1986).

Aspidosperma polyneuron Müll. Arg de la familia Apocynaceae se ha registrado en Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y en Argentina, sur de Brasil y Paraguay (Mabberley, 1993). En Colombia es importante en los bosques de los departamentos del Cesar y de Córdoba. Es una especie dominante en la vegetación terrestre del complejo cenagoso de Zapatosa y en los bosques de la región tropical de la Serranía de Perijá (Rangel-Ch., 2012). Su madera es muy apreciada por su dureza y se le utiliza en ebanistería y en pisos (Estupiñán-González et al., 2013).

Anatomía de la madera. Las muestras se tomaron de diez individuos de cada especie a 20 cm desde el suelo, a los 1.30 m y de las ramas. Para iniciar el procesamiento y análisis de las

muestras fue necesario someterlas a un proceso de ablandamiento en agua caliente (100°C) debido a la dureza de la madera. El tiempo de tratamiento varió entre 100 y 340 horas, según la especie. Se obtuvieron 20 cortes de 20 a 25 μm de espesor del plano transversal de la madera de cada uno escogiendo el mejor corte. Luego, se sometieron a deshidratación y montaje. Posteriormente para la descripción se utilizó el protocolo Internacional de Anatomistas de la Madera y el glosario de términos utilizados en Anatomía de Maderas (IAWA, 1989).

Las fotografías del plano transversal se tomaron con una cámara Cannon Power Short A640 acoplada a un microscopio marca Zeiss. Con el programa ImageJ (v.1.44) (Rasband, 2010), se midieron en los 20 cortes de cada una de las especies: el diámetro radial de los poros (d_0), el ancho promedio de los poros $((d_1 + d_2)/2)$ y se contó el número de poros/ mm^2 . Con el programa WinCell (v.2000) (Regent Instruments Inc, 2000) se estimó el porcentaje de ocupación de los poros $[(A=p/A=m)*100]$, donde: ($A=p$: área del poro) dividido ($A=m$: área de la muestra) (fig. 1) y se describieron las características de los anillos de crecimiento de las especies.

Comprobación de la anualidad de los anillos de crecimiento. Para la verificación de la formación anual de los anillos de crecimiento de las especies analizadas, se marcaron seis individuos de cada especie con la metodología de Mariaux (1995) que consiste en dejar heridas en el cambium, en un año para ser estudiadas en el año siguiente (Worbes, 1995). Las heridas fueron hechas en los años 2012 y 2013, y fueron verificadas en los años 2013 y 2014, mediante observaciones macroscópicas de la sección transversal. Las fotografías fueron tomadas con una lupa estereoscópica marca AmScope SW-3T24Z con cámara integrada.

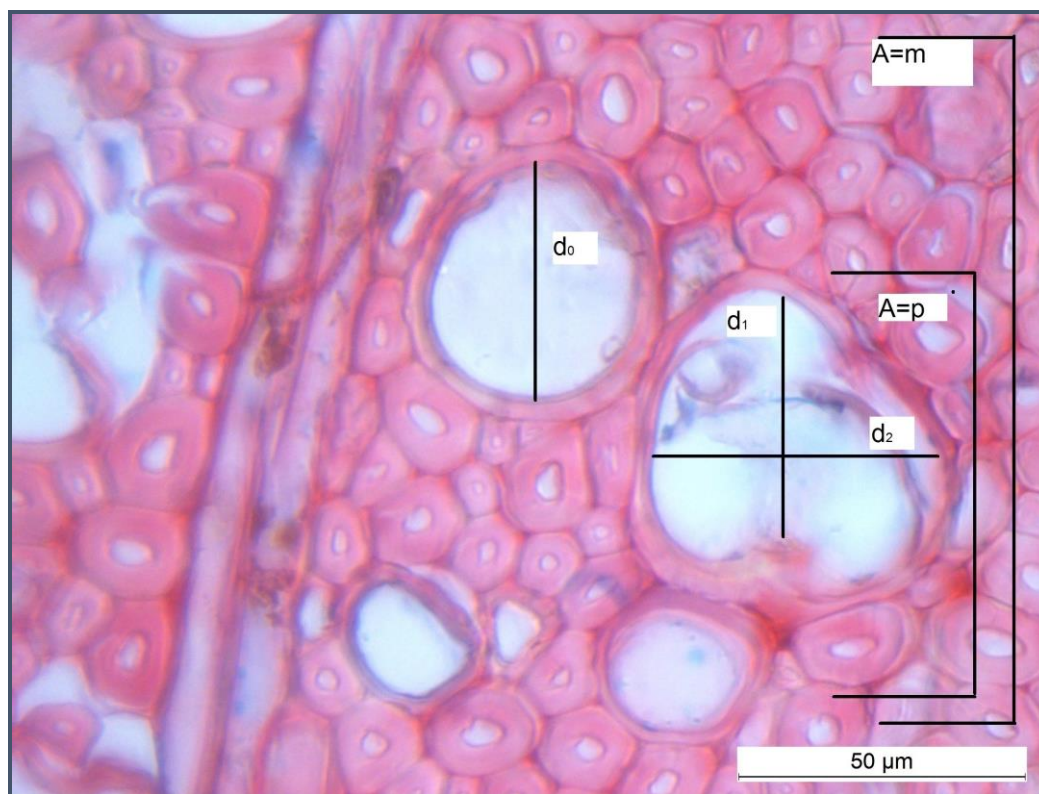


Fig. 1. Corte transversal de la madera de *Aspidosperma polyneuron*, indicando las mediciones realizadas. El diámetro radial de los poros (d_0), el ancho promedio de los poros $((d_1 + d_2)/2)$, el número de poros/ mm^2 y el promedio de ocupación de los poros ($A = p/A = m$).

RESULTADOS

Características anatómicas de la madera y anualidad de los anillos de crecimiento de *Anacardium excelsum* (Bertero ex Kunth.) Skeels. Presentó porosidad difusa, poros solitarios o en agrupaciones múltiples de 2-3 (4). Los poros fueron ovalados a ligeramente angulosos. El diámetro radial fue de 198 μm ($\sigma = 3.10$) y el ancho fue de 202 μm ($\sigma = 9.79$). El número de poros fue de 24/ mm^2 y la estimación del área de ocupación fue de 6.61%. El parénquima se identificó como paratraqueal vasicéntrico. Los anillos de crecimiento se identificaron por el mayor espesor de la pared de las fibras y la disminución del diámetro radial de los poros (fig. 2a). Presentó anillos de crecimiento anuales verificados a través del análisis de la barrena de crecimiento con una herida provocada en el año 2013 y verificada en el año 2014 (fig. 2b), donde se aprecia la marca en el leño realizada en el año anterior.

***Bursera simaruba* (L.) Sarg.** Presentó porosidad difusa, poros solitarios o en agrupaciones múltiples de 3-4; canales gomíferos y presencia de tílides. Los poros fueron ovalados o ligeramente angulosos. El diámetro radial de los poros fue de 107 μm ($\sigma = 4.05$), el ancho de los poros fue de 167 μm ($\sigma = 2.44$), el número fue de 135/ mm^2 y la estimación del área de ocupación de los poros fue de 9.6%. El parénquima se identificó como paratraqueal vasicéntrico escaso. Los anillos de crecimiento se identificaron por la disminución del diámetro radial de los poros (fig. 2c). En las barrenas se identificó los anillos de los años 2012 y 2013 (fig. 2d) con formación anual.

***Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg.** Presentó porosidad difusa, solitarios o en agrupaciones múltiples de 2-3 (4), los poros fueron ovalados. El diámetro radial de los poros fue de 226 μm ($\sigma = 3,17$). El ancho de los poros fue de 199 μm ($\sigma = 3.46$), el número fue de 210/ mm^2 y la estimación del área de ocupación de los poros fue de 5.97%. El parénquima se identificó como paratraqueal vasicéntrico. Los anillos de crecimiento se identificaron por el parénquima marginal y la disminución del diámetro de los poros (fig. 2e). Presentó anillos de crecimiento anuales. En las barrenas se identificaron los anillos formados en los años 2012 y 2013 (fig. 2f).

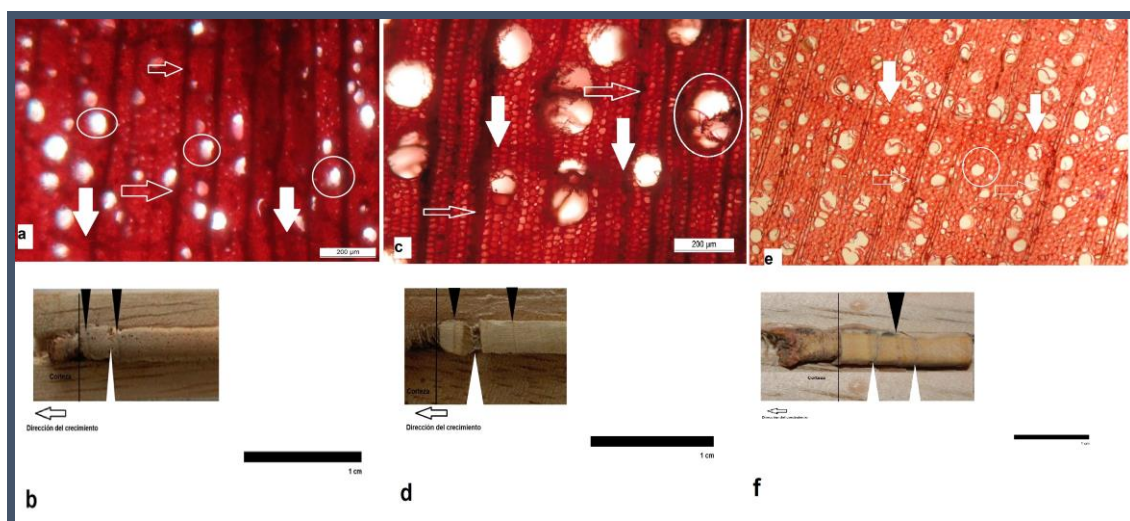


Fig. 2. Corte histológico transversal del leño de: **a)** *Anacardium excelsum* las flechas verticales indican el límite del anillo de crecimiento, las flechas horizontales los radios y los círculos el parénquima, **b)** Muestra de barreno de *Anacardium excelsum* con anillos de crecimiento anuales. Las flechas negras indican el límite del anillo de crecimiento y la flecha blanca indica la herida, **c)** *Bursera simaruba*, **d)** Muestra de barreno de *Bursera simaruba*, **e)** *Aspidosperma polyneuron* y **f)** Muestra de barreno de *Aspidosperma polyneuron*.

DISCUSIÓN

Anatomía de la madera. Las características anatómicas de la madera de *Anacardium excelsum* (Bertero ex Kunth.) Skeels del Caribe, son similares a las de individuos que crecen en el piedemonte cordillerano en Barinas-Venezuela (León, 2009) y en el valle de Aburrá en Colombia a 1 538 m s.n.m. (Vásquez & Ramírez, 2005). Una descripción diferente fue publicada por León (2009), quien presentó anillos indistinguibles. El diámetro de los poros de los individuos del Caribe fue mayor (198 μm , $\sigma = 3.10$) en comparación con los de individuos que crecen en el valle de Aburrá (poros de 170 μm) (Abundiz-Bonilla *et al.*, 2004). La variación en el tamaño de los poros podría asociarse con la diferencia en altitud entre los sitios en los cuales crecen los individuos analizados, como se ha mostrado en estudios Barajas-Morales (1985) en México.

Las descripciones de la madera y las de los anillos de crecimiento de *Bursera simaruba* (L.) Sarg en individuos del bosque seco tropicales de Costa Rica (Worbes & Raschke, 2012) coinciden con las del Caribe: poros sin patrón definido, solitarios o en agrupaciones múltiples de 3-4 y presencia de cristales y túlides. No se encontraron diferencias en el tamaño de los poros de los individuos que crecen en el Estado de Mérida-Venezuela (León, 2006) y de los individuos que crecen en el Caribe. Quizá este resultado puede asociarse con las condiciones del clima, en Mérida la precipitación varía entre 700 y 1800 mm anuales y temperatura media anual de 28°C, mientras que, en localidades cercanas a Valledupar, la precipitación media anual es de 997 mm y la temperatura media anual es de 29°C.

Las características de la madera de *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg, en individuos que crecen en el bosque seco de Venezuela (León, 2011) y en un bosque semicaducifolio en Brasil (Alves & Angyalossy - Alfonso, 2000), coinciden con los resultados de los individuos que crecen en el Caribe, como: porosidad difusa, poros solitarios de diámetro pequeño o en agrupaciones múltiples. Estas características evitan que el sistema vascular interrumpa totalmente la conducción, si un poro de mayor tamaño se emboliza, su función puede ser sustituida por varios poros de diámetro más pequeños (Webber 1936, Lindorf 1994) y mejorar la conductividad hidráulica, durante los periodos secos (Alves & Angyalossy - Alfonso, 2000; Zweifel, Zimmermann, Zeugin, & Newbery, 2006)

Las medidas de los poros en las tres especies también presentaron variaciones: en el diámetro radial que osciló entre 107-226 μm , el ancho entre 167 - 202 μm , el número de poros entre 24-210/mm² y el área de ocupación de los poros entre 5.97-9.6 %. En *B. simaruba* y *A. polyneuron* se presentó poros pequeños y numerosos. Este resultado es similar a la relación encontrada en *B. simaruba* en el bosque seco tropical de Costa Rica (10°49'N, 85°15'W) (Worbes, Blanchart, & Fichtler, 2013) y en otras especies del bosque seco de México y Venezuela (Barajas-Morales, 1985; León, 2009). *A. excelsum*, aunque presentó poros numerosos fueron de tamaño mediano, condición que puede estar relacionada con la adaptación que tiene la especie a crecer en lugares húmedos (Rangel - Ch., Avella - M., & Rivera - D., 2013).

Los anillos de crecimiento anual de *A. excelsum* y *B. simaruba*, están delimitados por la variación del diámetro radial de los poros. Los anillos de *A. polyneuron* están delimitados por el parénquima marginal en bandas. El carácter distintivo de la anatomía de los anillos varía entre las especies (Coster, 1928) y es causado principalmente por las diferencias en la estructura de la madera, una condición específica de la especie (León, 2009).

La formación de las bandas de parénquima terminal es la característica más clara para distinguir el límite de los anillos de crecimiento en las especies arbóreas, mientras que otras características como patrones repetidos de parénquima y disminución del diámetro radial de los poros, son más difíciles de distinguir (Brienen & Zuidema, 2005). Según, Worbes (1989), la mayoría de

las especies del bosque seco tropical, muestran características anatómicas como la disminución del diámetro tangencial de los poros, condición que se presentó en *A. excelsum* y *B. simaruba*.

Formación anual de los anillos de crecimiento. *A. excelsum*, *B. simaruba* y *A. polyneuron*, mostraron anillos de crecimiento anuales. La formación de anillos anuales en otras especies del bosque tropical se ha relacionado con los periodos de lluvias (Eilmann et al., 2009; Zweifel et al., 2006; Schöngart et al., 2002; Worbes & Junk, 1999). Sin embargo, la delimitación de los anillos de crecimiento sigue siendo difícil por las particularidades de las maderas de las angiospermas. Así, por ejemplo, la madera de *B. simaruba* presentó manchas que dificultaron el marcaje del anillo de crecimiento y *A. excelsum* mostró anillos poco visibles, condiciones que dificultan los análisis dendrocronológicos en los bosques tropicales (Worbes & Raschke, 2012). Por lo tanto, se recomienda que los estudios dendrocronológicos en los bosques secos tropicales consideren la realización de descripciones anatómicas, antes de continuar con los estudios basados en técnicas dendrocronológicas (Roig et al., 2005).

Nuestros resultados confirman la anualidad en la formación de los anillos de crecimiento de las especies que viven en los ambientes tropicales determinada a través de marcas en el leño revisadas en años consecutivos, contrario a otros paradigmas sobre la imposibilidad de realizar esta clase de estudios en los bosques tropicales.

CONCLUSIONES

La anatomía de la madera de las especies estudiadas mostró características comunes a las especies que crecen en bosques secos tropicales: porosidad difusa, poros numerosos, de tamaño pequeño a mediano y con parénquima paratraqueal vasicéntrico.

Se diferenciaron variaciones en el diámetro tangencial de los poros, condición que se relaciona con la variabilidad del clima entre los sitios donde crecen los individuos.

Se había afirmado que el parénquima marginal terminal es una buena condición anatómica para el marcaje de los anillos de crecimiento. Sin embargo, esta condición para las especies estudiadas no es suficiente para una clara delimitación de los mismos.

Anacardium excelsum (Bertero ex Kunth.) Skeels., *Bursera simaruba* (L.) Sarg. y *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg forman anillos anuales en los bosques secos del Caribe de Colombia.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a la Universidad Nacional de Colombia, al Instituto de Ciencias Naturales, a la Universidad del Tolima-Laboratorio de Maderas por permitir la realización de los análisis anatómicos. A Colciencias por la financiación parcial del estudio de doctorado.

LITERATURA CITADA

- Abundiz - Bonilla, L. A. M., Barajas - Morales, J., & Teonorio - Lezama, P. (2004). Anatomía de maderas de México. Árboles y arbustos del matorral xerófilo de Tehuacán, Puebla. Instituto de Biología. Publicaciones especiales 19. Universidad Nacional Autónoma de México. 97pp. México.
- Alves, E. S., & Angyalossy - Alfonso, V. (2000). Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. Growth rings and vessels. *IAWA Journal*, 21(1), 3–30. <https://doi.org/10.1078/0367-2530-0058>

- Barajas - Morales, J. (1985). Wood structural differences between trees of two tropical forests in Mexico. *IAWA Bulletin*, 6(4), 355–364. <https://doi.org/10.1163/22941932-90000962>
- Berdugo - Lattke, M. L., & Rangel-Ch, J. O. (2015). Fenología de especies arbóreas dominantes del bosque tropical seco del santuario “los besotes” (Valledupar, Cesar, Colombia). *Colombia Forestal*, 18(1), 87–103. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2015.1.a05>
- Brienen, R. J. W., & Zuidema, P. A. (2005). Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: A test for six species using tree ring analysis. *Oecologia*, 146(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0160-y>
- Callado, C. H., Barros, C. F., Costa, C. G., da Silva Neto, S. J., & Scarano, F. R. (2001). Anatomical Features of Growth Rings in Flood-Prone Trees of the Atlantic Rain Forest in Rio De Janeiro, Brazil. *IAWA Journal*, 22(1), 29–42. <https://doi.org/10.1163/22941932-90000266>
- Carretero, M. E., López-Pérez, J. L., Abad, M. J., Bermejo, P., Tillet, S., Israel, A., & Noguera-P, B. (2008). Preliminary study of the anti-inflammatory activity of hexane extract and fractions from *Bursera simaruba* (Linneo) Sarg. (Burseraceae) leaves. *Journal of Ethnopharmacology*, 116(1), 11–15. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.10.034>
- Coster, C. (1928). Zur anatomie und physiologie der zuwachszone-und jahresringbildung in den tropen. *Annales Jardim Botanica Buitenzorg*, 38, 1–114.
- Eilmann, B., Zweifel, R., Buchmann, N., Fonti, P., & Rigling, A. (2009). Drought-induced adaptation of the xylem in Scots pine and pubescent oak. *Tree Physiology*, 29(8), 1011–1020. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpp035>
- Estupiñán - González, A. C., Jiménez - Escobar N. D., Cruz M. P., Sánchez N., Galeano G., & Linares. E. (2011). Plantas útiles del complejo cenagoso de Zapatoza. En: Rangel-Ch., J. O. (ed.). Colombia Diversidad Biótica. Publicación Especial No. 2. Guía de campo. Grupo de Biodiversidad y Conservación, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia-CORPOCESAR. Bogotá. D. C. 77 pp.
- Gebrekirstos, A., Bräuning, A., Sass-Klassen, U., & Mbow, C. (2014). Opportunities and applications of dendrochronology in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6(1), 48–53. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.10.011>
- Grande, P. D. C., & Polanco, C. (2007). Descripción anatómica de la madera de cuarenta especies del Bosque Alto-Andino en Guasca, Cundinamarca. *Revista Colombiana Forestal* 10 (20): 180- 206.
- IAWA Committee. (1989). IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull* 10(3): 219-33.
- León, H. W. J. (2006). Anatomía de la madera de 13 especies del orden sapindales que crecen en el estado mérida, Venezuela. *Acta Botánica Venezolana*, 29(2), 269-296. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/41740816>
- León, H. W. J. (2009). Anatomía de la madera y clave de identificación para especies forestales vedadas en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana, Volumen 53*(1), 51–62.
- León, H. W. J. (2011). Anatomía de la madera de 26 especies del género Apocynaceae, Aspidosperma Mart. *Acta Botanica Venezolana*, 34(1), 127–151.
- Lindorf, H. (1994). Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. *IAWA Journal* 15: 361-376.
- López, L. C. (2011). Una aproximación dendrocronológica a la ecología y el manejo de los bosques tropicales secos del cerrado boliviano.
- Mabberley, D. J. (1993). The plant book: A portable dictionary of higher plants utilizing Cronquist's, an integrated system of classification of flowering plants. Cambridge University Press. Cambridge. NY. USA. 65p.
- Mariaux, A. (1995). Growth periodicity in tropical. *IAWA*, 16(4), 327–328.
- Martínez, M. M., & Cevallos S. R. S. (2005). Arquitectura foliar de Anacardiaceae Leaf architecture of Anacardiaceae. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 76(2), 137–190.
- Rangel - Ch., J. O. (2012). La vegetación de la región Caribe de Colombia: composición florística y aspectos de la estructura. En: Rangel-Ch., J. O. (ed.). Colombia Diversidad

Recibido:
19/julio/2017

Aceptado:
26/abril/2018

- Biótica XII. La región Caribe de Colombia. Universidad Nacional de Colombia-Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá. 365-476p.
- Rangel - Ch., J. O. (2015). La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(51), 176. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.136>
- Rangel - Ch., J. O., & Carvajal – Cogollo J. E. (2012). Clima de la región Caribe colombiana. En: Rangel-Ch., J. O. (ed). Colombia Diversidad Biótica XII. La región Caribe de Colombia. Universidad Nacional de Colombia–Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá. 67-129p.
- Rangel - Ch., J. O., Avella - M., A., & Rivera - D. O. (2013). Los bosques de los alrededores de las ciénagas Zapatosa, Mata de Palma y La Pachita. Cesar, Colombia. En J.O. Rangel-Ch. (ed.). Colombia Diversidad Biótica XII. Complejo cenagoso Zapatosa y ciénagas del Sur del Cesar. Universidad Nacional de Colombia-Instituto de Ciencias Naturales-CVS. Bogotá. 243-284p.
- Rasband, W. (2010). ImageJ (v.1.44).
- Regent Instruments Inc. (2000). Program WinCELL v2000. Quebec.
- Roig, F.A. (2000). Dendrocronología en los bosques del Neotrópico: revisión y prospección futura. En: Roig, F.A. (ed.). Dendrocronología en América Latina. EDIUNC. Mendoza. 34-67p.
- Roig, F. A., Osornio, J. J. J., Diaz, J. V., Luckman, B., Tiessen, H., Medina, A., & Noellemeyer, E. J. (2005). Anatomy of growth rings at the Yucatán Peninsula. *Dendrochronologia*, 22(3), 187–193. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2005.05.007>
- Rojas, CH. V. (1986). Descripción, distribución y usos de 43 maderas tropicales de Costa Rica. Instituto Tecnológico. San José. Costa Rica. 57p.
- Schöngart, J., Piedade, M. T. F., Ludwigshausen, S., Horna, V., & Worbes, M. (2002). Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. *Journal of Tropical Ecology*, 18(4), 581–597. <https://doi.org/10.1017/S0266467402002389>
- Thorne, R. F. (1992). Classification and geography of the flowering plants. *The Botanical Review*, 58(3), 225–327. <https://doi.org/10.1007/BF02858611>
- Vásquez, C. A. M. & Ramírez, A. A. M., (2005). Maderas comerciales en el Valle de Aburrá. Valle de Aburrá 64-117p.
- Webber, I. E. (1936). The woods of sclerophyllous and desert shrubs and desert plants of California. *American Journal of Botany* 23: 181-188.
- Worbes, M. (1989). Growth rings, increment and age of trees in inundation forests, savannas and a mountain forest in the Neotropics. *IAWA Bulletin* 10: 109-122.
- Worbes, M. (1995). How to measure growth dynamics in Tropical Trees. *IAWA Journal*, 16(4), 337–351. <https://doi.org/10.1163/22941932-90001424>
- Worbes, M., Blanchart, S., & Fichtler, E. (2013). Relations between water balance, wood traits and phenological behavior of tree species from a tropical dry forest in Costa Rica - A multifactorial study. *Tree Physiology*, 33(5), 527–536. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpt028>
- Worbes, M., & Junk, W. J. (1999). How old are tropical trees? The persistence of a myth. *IAWA Journal*, 20(3), 255–260. <https://doi.org/10.1163/22941932-90000689>
- Worbes, M., & Raschke, N. (2012). Carbon allocation in a Costa Rican dry forest derived from tree ring analysis. *Dendrochronologia*, 30(3), 231–238. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2011.11.001>
- Zweifel, R., Zimmermann, L., Zeugin, F., & Newbery, D. M. (2006). Intra-annual radial growth and water relations of trees: Implications towards a growth mechanism. *Journal of Experimental Botany*, 57(6), 1445–1459. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj125>