

Propiedades físicas y características anatómicas de la madera de tres especies de Guayacán al sur de Ecuador

Physical properties and wood anatomical characteristics of three species of Guayacán in southern Ecuador.

Shirley Agila^{1*}
Angélica Burneo¹
Luis Narváez¹
Darwin Pucha-Cofrep^{1,2}

¹ Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja, Loja – Ecuador.

² Laboratorio de Dendrocronología y Anatomía de Maderas Tropicales, Universidad Nacional de Loja, Loja -Ecuador

*Autor para correspondencia: saagilar@unl.edu.ec

Recibido: 11/09/2018

Aprobado: 20/11/2018

RESUMEN

El estudio se realizó en el bosque seco del sur de Ecuador, en los sectores Mangahurco, Nueva Fátima y Santa Lucía. Se estudiaron tres especies: *Handroanthus chrysanthus*, *Handroanthus billbergii*, y *Handroanthus serratifolius*. Probetas de madera fueron obtenidas del fuste de árboles individuales considerando características biogeográficas del sitio, y parámetros dasométricos. De cada probeta se determinó las características organolépticas, macroscópicas, y microscópicas de la madera. Existe transición abrupta entre el color del duramen (marrón) y la albura (marrón amarillento) de las tres especies. Se encontraron notables diferencias en las características de la madera, *H. chrysanthus* del sector Nueva Fátima presentó valor más alto de contenido de humedad (18,54 %) y no mostró contracciones de su madera, mientras que *H. serratifolius* tiene mayor densidad básica. Respecto a las características anatómicas la mayoría de especies mostraron parénquima axial de tipo paratraqueal, confluyente, unilateral paratraqueal y en bandas finas, así como reticulado y escaliforme, y placas de perforación simples con punteaduras intervascuales poligonales alternas. *H. billbergii*, presentó fibras con pared celular muy gruesas, y *H. chrysanthus* de Nueva Fátima mostró células de tipo fusiforme de ocho células por hebra de parénquima. Una notable diferencia se observó en los radios, donde *H. chrysanthus* y *H. serratifolius* presentaron radios de 1 a 3 series, y *H. billbergii* fue la única que mostró radios exclusivamente uniseriados, elemento clave para la diferenciación de especies forestales a través de una muestra de madera. Por lo tanto, este estudio sienta las bases para la identificación de especies forestales a través de sus características microscópicas y anatómicas de la madera, especialmente las de alto valor comercial al sur de Ecuador..

Palabras clave: Guayacán, *Handroanthus chrysanthus*, *billbergii*, *serratifolius*, propiedades físicas, anatomía madera.

ABSTRACT

The study was realized in the dry forest of southern Ecuador, in the Mangahurco, Nueva Fatima and Santa Lucia sectors. Three species were studied: *Handroanthus chrysanthus*, *Handroanthus billbergii*, and *Handroanthus serratifolius*. Wooden test tubes were obtained from the shaft of individual trees considering biogeographic characteristics of the site, and dasometric parameters. In each test tube the organoleptic, macroscopic and microscopic characteristics of the wood were determined. The results showed an abrupt transition between the color of the heartwood (brown) and the sapwood (yellowish brown) of the three species. There were notable differences in the characteristics of the wood, *H. chrysanthus* of the Nueva Fátima sector presented the highest value of moisture content (18,54 %) and did not present contractions of its wood, while *H. serratifolius* presented the highest density basic. Respect to the anatomical characteristics, most species showed axial parenchyma of paratracheal type, confluent, unilateral paratracheal and in thin bands, as well as reticulated and escali-form, and simple perforation plates with polygonal alternating intervessel pits. *H. billbergii*, presented fibers with very thick cell walls, and *H. chrysanthus* from Nueva Fátima showed spindle-like cells of eight cells per strand of parenchyma. A notable difference was observed in the radios, where *H. chrysanthus* and *H. serratifolius* presented radios from 1 to 3 series, and *H. billbergii* was the only one that showed exclusively uniseriate radios, a key element for the differentiation of forest species through a wood sample. Therefore, this study provides the basis for the identification of forest species through their microscopic and anatomical characteristics of wood, especially those of high commercial value in southern Ecuador.

Key words: Guayacan, *Handroanthus chrysanthus*, *billbergii*, *serratifolius*, physical properties, wood anatomy.

INTRODUCCIÓN

La madera ha sido utilizada durante mucho tiempo como material para la construcción (Villalba, 2010), y en la actualidad su mayor demanda incrementa su valor comercial. así tenemos que para Zapater *et al.*, (2009) las regiones tropicales y subtropicales son los sitios que albergan especies de altísimo valor comercial y ecológico, como es el caso de *Handroanthus* sp. (Guayacán). Sin embargo, el uso correcto de la madera requiere del conocimiento de sus características anatómicas y de sus propiedades físicas y mecánicas. Por lo tanto, es de vital importancia conocer la anatomía de maderas a nivel macro y microscópico. De los autores más relevantes que han trabajado en anatomía de la madera con éste género *Handroanthus* los últimos años son González (2013), Grose y Olmstead (2007), Leonardi *et al.*, (2002), León (2007), Zapater y Lozano (2008), y anteriormente Corothie (1948), Kribs (1950) y Pérez (1987). Además, estudios sobre determinación de las propiedades fisico-mecánicas de la madera se reflejan en trabajos de Barghoorn *et al.* (1967), Morris y Rey (1974), y Grande y Polanco (2007).

Handroanthus tiene una amplia distribución geográfica y alto valor comercial a lo largo de la Costa, Andes y Amazonia ecuatoriana, lo que ha generado a lo largo del tiempo, sea aprovechada a niveles extremos (Aguirre *et al.* 2015).

El guayacán es un árbol importante para nuestra región y principalmente para la provincia de Loja. Según (Aguirre, 2015) en Loja crecen dos especies de “guayacán”: *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S. O. Grose y *Handroanthus billbergii* (Bureau y Schum.) S. O. Grose, cuyas poblaciones se han recuperado principalmente por acciones de manejo, distribuyéndose en tres áreas: (1) en áreas con baja abundancia entre las poblaciones de Macará y Zapotillo; (2) áreas de abundancia media entre La Ceiba, Paletillas, El Chilco-Totumos; y (3) en las parroquias con alta presencia. Estas especies poseen gran importancia económica, social y ambiental; en la actualidad mejoran el turismo de los sitios donde se encuentran, debido a su florecimiento siendo un espectáculo atractivo que se difunde a nivel nacional e internacional (Aguirre, 2015). Por lo tanto, el propósito de esta investigación es generar información primaria para identificar mediante las características anatómicas y propiedades físicas de la madera las diferencias que existen entre las tres especies del género *Handroanthus* en la región sur de Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Múltiples muestras fueron recolectadas en la región sur de Ecuador en la provincia de Loja y Zamora Chinchipe (Figura 1) de acuerdo a la siguiente descripción:

La muestra 1 de la especie *H. chrysanthus* se colectó el 4 de noviembre del 2017 de un árbol de vitalidad regular, sin copa, ubicado en el bosque piemontano del sitio Lubuzhco, parroquia Nueva Fátima, cantón Sozoranga, en las coordenadas 612728.1 longitud W y 9528749.5 latitud S, altitud de 1540 m.s.n.m., pendiente de 11 grados, temperatura promedio anual de 21,9 °C y precipitación media anual de 1 123 mm.

La muestra 2 de la especie *H. chrysanthus* se colectó el 27 de noviembre del 2017 de un árbol con copa suprimida, de 13 m de altura y de buena vitalidad en el sitio vía a Totoras, parroquia Mangahurco, cantón Zapotillo, ubicado en las coordenadas 562226 longitud W y 9540040 latitud S, altitud de 356 msnm, pendiente de 4 grados, temperatura promedio anual de 24,3 °C y precipitación media anual de 721 mm. La muestra 3 de la especie *H. billbergii* se colectó el 26 de noviembre del 2017 de un árbol con copa suprimida, de 6 m de altura y de buena vitalidad en el sitio El Corral, parroquia Mangahurco, cantón Zapotillo, ubicado en las coordenadas 562320 longitud W y 9540364 latitud S, altitud de 339 m.s.n.m., pendiente de 6 grados, temperatura promedio anual de 24,3 °C y precipitación media anual de 721 mm. La muestra 4 *H. serratifolius* se colectó el 22 de mayo del 2018 de un árbol de copa regular, de 30 m de altura de vitalidad regular en el sector Santa Cecilia, cantón Paquisha ubicado en la provincia de Zamora Chinchipe, ubicado en las coordenadas 763684 longitud W y 9565474 latitud S, altitud de 1427 m.s.n.m., pendiente de 30 grados, temperatura promedio anual de 22,6 °C y precipitación media anual 161 mm.

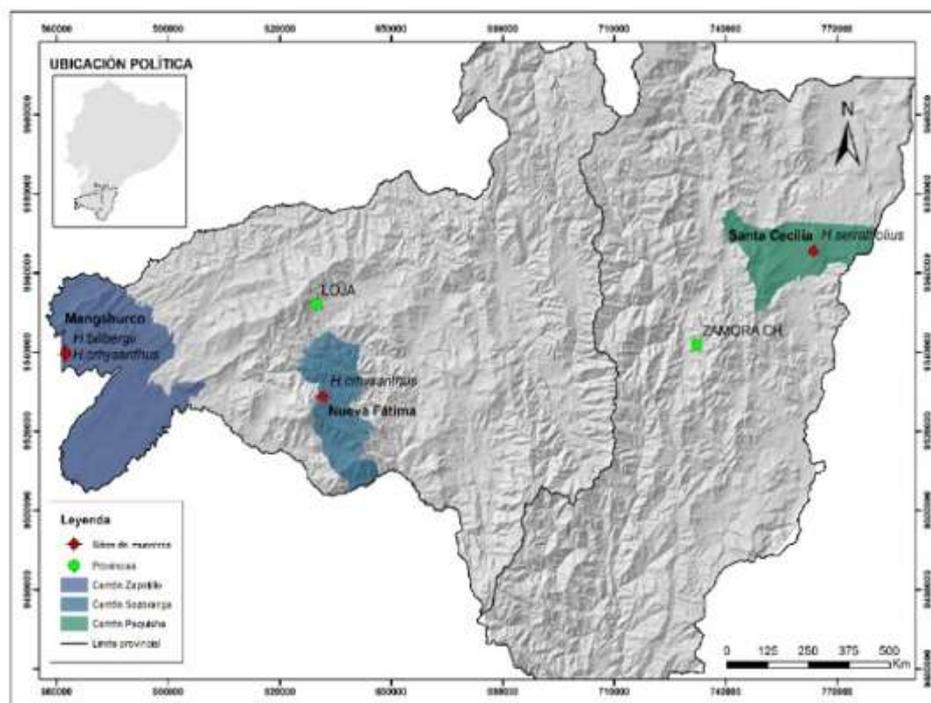


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de sitios de colección de las muestras de madera en la provincia de Loja y Zamora Chinchipe.

Colección de muestras y análisis de laboratorio

Se colectó cuatro ramas de 5 cm longitud x 0,5 cm de diámetro y una rama de 50 cm de longitud x 15 cm de diámetro, de la cual se cortó dos piezas grandes (tablilla 1 y 2) de 20 x 10 x 2,5 cm en sentido tangencial y radial, cuatro piezas medianas (rectangular 1, 2, 3 y 4) de 10 x 5 x 5 cm y una sección transversal (rodaja) de 5cm de espesor de la que se extrajo cinco cubos de 1 x 1 x 1 cm. A cada probeta se le dio un acabado con lija de grano número 60, 100, 180, 240 y 360, en ese orden, hasta que se obtuvo una superficie óptima para observar características propias de cada especie.

Una vez obtenidas las muestras se determinó características macroscópicas tales como: volumen, densidad, humedad, contracción, características organolépticas y en la sección transversal o rodaja: anillos de crecimiento, transición de duramen a albura, color, diámetro total, ancho de duramen, albura y corteza. Finalmente, en las probetas rectangulares el sabor, olor, color, textura, brillo, peso, veteado o figura y grano.

Previo al análisis de las características microscópicas se realizó un proceso que consistió en cocer los cubos durante 45 minutos, con la finalidad de ablandarlos debido a la alta densidad que presenta la madera de estas especies, a continuación, de este proceso, se usó el micrótopo y se procedió a realizar los tres cortes en los planos transversal, tangencial y radial. En cada una de las muestras se colocó una gota de tinte compuesto por Astrablau, Safranina y Acido tartárico dejando actuar por 12 minutos, finalmente se procedió a quitar el tinte sobrante con agua destilada y alcohol al 50 %, 90 % y 96 %.

Las muestras se colocaron en portaobjetos y se aplicó bálsamo de Canadá con el fin de preservarlas. Para el proceso de secado de las muestras, se colocó en la estufa a 60 °C aproximadamente 24 horas y se realizó el etiquetado correspondiente. El registro fotográfico digital se realizó con el microscopio utilizando el programa Infinity Analyze, usando lentes de 4x, 10x y 20x. Esta base fotográfica permitió hacer un conteo del número de vasos en la muestra transversal, trazando un cuadro de 1 cm², haciendo 10 repeticiones, además se midió el largo de los vasos en 25 repeticiones. Para visualizar el tipo de punteaduras de acuerdo a la lista AIWA y realizar las mediciones se colocó una placa de corte tangencial en el microscopio con el lente 20x.

RESULTADOS

Propiedades físicas de la madera

Las variaciones de peso y volumen cambiaron de acuerdo a los estados en los que se encuentra la madera en verde, seca y en equilibrio con el ambiente en relación a cada una de sus dimensiones. Las probetas en estado seco de *H. billbergii* y *H. chrysanthus* de Mangahurco mostraron notablemente una disminución en sus medidas comparadas con las del estado verde y en equilibrio con el ambiente; mientras en *H. chrysanthus* de Sozoranga no se registraron variaciones en su estado de equilibrio, pero sí en verde. En cuanto a *H. serratifolius* sus medidas en verde y en equilibrio no variaron significativamente en alto y ancho, pero en el largo existieron claramente reducción en sus medidas, mientras que en seco no presentaron variación en sus dimensiones. Tanto el peso como el volumen variaron de acuerdo al estado de la madera en cada una de las especies. Por otra parte, las muestras de las especies colectadas presentaron colores oscuros como marrón y aceituna, sabor amargo, olor aromático, madera pesada y grano recto (Tabla 1).

Tabla 1. Propiedades organolépticas de la madera de guayacanes

Propiedades o Características	<i>H. chrysanthus</i> (Sozoranga)	<i>H. chrysanthus</i>	<i>H. billbergii</i> (Mangahurco)	<i>H. serratifolius</i> (Zamora)
Sabor	Amargo	Amargo	Amargo	Ácido
Olor	Aromático	Aromático	Aromático	Aromático
Color en verde	7.5YR – 5/2 Marrón	2.5Y-5/4 Marrón aceituna	2.5Y-7/8 Amarillo aceituna	10.0 YR 5/4 Marrón amarillento
Color en seco	5.0GY – 7/2 Gris verdoso claro	7.5Y-7/2 Gris oscuro	5.0GY-7/2 Gris oscuro	10.0 YR 5/6 Marrón amarillento
Textura	Media	Media	Media	Fina
Brillo	Alto	Bajo	Medio	Alto
Peso	Pesada	Pesada	Pesada	Pesada
Veteado o figura	Arcos superpuestos, bandas paralelas	Arcos superpuestos, bandas paralelas	Arcos superpuestos, bandas paralelas	Bandas paralelas, arcos superpuestos, jaspeado
Grano	Recto	Recto	Recto	Entrecruzado

El contenido de humedad para la muestra de *H. chrysanthus* de Sozoranga tuvo 18,54 %, *H. chrysanthus* de Mangahurco 42 %, *H. billbergii* 40% y para *H. serratifolius* 26,76 %. La densidad básica mayor se encontró en la especie *H. serratifolius* con 1,00 %, *H. billbergii* 0,85 %, *H. chrysanthus* de Sozoranga 0,81 % y *H. chrysanthus* de Mangahurco 0,79 %. En cuanto a las contracciones de la madera se determinó de cuatro tipos que son: longitudinal, tangencial, radial y volumétrica destacándose en *H. chrysanthus* de Mangahurco la contracción volumétrica con 26,22 %, seguido de *H. billbergii* 19,24 %, *H. serratifolius* 14.81 % y *H. chrysanthus* de Sozoranga 0,11 % (Tabla 2).

Tabla 2. Propiedades físicas de la madera de guayacanes

Propiedad o característica	<i>H. chrysanthus</i> (Sozoranga)	<i>H. chrysanthus</i>	<i>H. billbergii</i> (Mangahurco)	<i>H. serratifolius</i> (Zamora)
Contenido de humedad [%]	18.54	42	40	26.76
Densidad en verde [g/cm ³]	0.96	1.132	0.93	1.27
Densidad en equilibrio [g/cm ³]	1.20	1.89	1,65	1.15
Densidad anhidra [g/cm ³]	0.84	1.11	1.04	1.14
Densidad básica [g/cm ³]	0.81	0.79	0.85	1.00
Contracción longitudinal [%]	0	1.96	0.87	0.24
Contracción tangencial [%]	0	13.04	8	0.22
Contracción radial [%]	0	0	0	0.25
Contracción volumétrica [%]	0.11	26.22	19.24	14.81

Características microscópicas de la madera

Para las tres muestras de las dos especies, tanto de Sozoranga y Mangahurco se evidenció anillos de crecimiento visibles, anillos con poros difusos, disposición de los vasos en bandas tangenciales y en patrones radiales/diagonales, vasos en grupos radiales de 4 o más, los vasos por milímetro cuadrado fueron mayores o iguales a 100, longitud media de vasos menor o igual a 350 um, y la composición celular de los radios con todas las células procumbentes, mientras que para *H. serratifolius* (Zamora) presentó anillos de crecimiento poco visibles o ausentes, anillos semiporosos, vasos en patrones radiales o diagonales, exclusivamente solitarios, presentó tilosis común, su parénquima axial fue confluyente con un parénquima en bandas axial escaliforme con longitud de hebras de 5-8 células, radios con ancho de 1 a 3 series con altura mayor a 1 mm y el cuerpo del radio con células procumbentes y una sola fila de células verticales y/o cuadradas marginales (Tabla 3).

Tabla 3. Características anatómicas y microscópicas de la madera de acuerdo a la nomenclatura IAWA.

Características	<i>H. chrysanthus</i> (Sozoranga)	<i>H. chrysanthus</i> (Mangahurco)	<i>H. billbergii</i> (Mangahuro)	<i>H. serratifolius</i> (Zamora)
Anillos de crecimiento				
1. Anillos de crecimiento visibles	X	X	X	
2. Anillos de crecimiento poco visibles o ausentes				X

Características	<i>H. chrysanthus</i> (Sozoranga)	<i>H. chrysanthus</i> (Mangahurco)	<i>H. billbergii</i> (Mangahuro)	<i>H. serratifolius</i> (Zamora)
Vasos				
Porosidad				
4. Anillos semiporosos				X
5. Anillos con poros difusos	X	X	X	
Disposición de los vasos o poros				
6. Vasos (poros) en bandas tangenciales	X	X	X	
7. Vasos (poros) en patrones radiales o diagonales	X	X	X	X
Agrupación de vasos				
9. Vasos (poros) exclusivamente solitarios (90% o más)				X
10. Vasos (poros) en grupos radiales de 4 o más	X	X	X	
Placas de perforación				
13. Placas de perforación simples	X	X	X	X
Punteaduras intervasculares: disposición y tamaño				
23. Forma de Punteaduras poligonales alternas	X	X	X	X
Tamaño de punteaduras intervasculares (alternas y opuestas) *				
25. Pequeño - 4-7 µm	XD			X
26. Medio - 7-10 µm	XA	XD-A		
27. Grande - ≥ 10 µm			XD-A	
Punteaduras vasos-radios				
30. Punteaduras vasos-radios con distintos bordes; similar a las perforaciones intervasculares en forma y tamaño a través de células radiales	X	X	X	X
Vasos por milímetro cuadrado				
49. 40-100 vasos por milímetro cuadrado				X
50. ≥ 100 vasos por milímetro cuadrado	X	X	X	
Albura				
51. Media, +/- Desviación estándar, Rango mínimo	90.96, +/- 8.49, 82.00:106.00	104.43, +/- 8.17, 96.00:123.00, 10	100.90, +/-11.86, 87.00:123.00,10	
Rango máximo				
Duramen				
51. Media, +/- Desviación estándar, Rango mínimo	83.91, +/-14.03, 63.00:103.00,10	93.69, +/-7.87, 80.00:104.00, 10		
Rango máximo				
Longitud media de vasos				
52. ≤ 350 µm	X	X	X	X

Características	<i>H. chrysanthus</i> (Sozoranga)	<i>H. chrysanthus</i> (Mangahurco)	<i>H. billbergii</i> (Mangahuro)	<i>H. serratifolius</i> (Zamora)
Albura				
55. Media, +/- Desviación estándar, Rango mínimo	129.11,+/-54.98, 42.98:227.47, 10	166.37,+/33.29, 83.10:238.01, 10	212.41, +/- 24.52,177.69: 302.71,10	218.22, +/- 53.18, 294,93:116,05
Rango máximo				
Duramen				
55. Media, +/- Desviación estándar, Rango mínimo	90.58, +/-49.58, 24.85:252.18,10	157.50, +/- 32.23,82.16: 212.03, 10	174.42, +/- 41.66,88.85: 230.31,10	
Rango máximo				
Tilosis				
56. Tilosis común				X
Espesor de la pared de fibras				
69. Fibras de pared delgada a gruesa	X	X		x
70. Fibras de paredes muy gruesas			X	
Parénquima axial paratraqueal				
79. Parénquima axial vasicéntrico	X	X	X	
83. Parénquima axial confluyente	X	X		X
84. Parénquima axial unilateral paratraqueal			X	
Parénquima en bandas				
86. Parénquima axial en bandas finas o líneas de hasta tres células de ancho	X		X	
87. Parénquima axial reticulado		X		
88. Parénquima axial escaliforme				X
Parénquima axial por tipo de células / longitud de hebra				
90. Células de parénquima fusiforme		X	X	
93. Ocho (5-8) células por hebra de parénquima	X			X
Radios				
Ancho de radio				
96. Radios exclusivamente uniseriados			X	
97. Radios con ancho de 1 a 3 series	X	X		X
Altura de radio				
102. Radios de altura mayor a 1mm				X
Radios: composición celular				
104. Todas las células procumbentes	X	X	X	
106. Cuerpo del radio con células procumbentes y una sola fila de células verticales y/o cuadradas marginales				X

*Los valores con D representan el duramen, A representan albura.

Las características que difieren entre especies fueron el parénquima axial, por otra parte, el paratraqueal vasicéntrico-confluyente se encontró en *H. chrysanthus*, mientras que el paratraqueal vasicéntrico-unilateral se encontró en *H. billbergii*. Además, el espesor de fibras se diferenció entre *H. chrysanthus* y *H. billbergii*, puesto que en *H. chrysanthus* las fibras fueron de delgada a gruesa y en *H. billbergii* fueron fibras de paredes muy gruesas. En el parénquima axial por tipo de células existió diferencia de acuerdo a los sitios, para *H. chrysanthus* de Sozoranga Ocho (5-8) células por hebra de parénquima, para *H. chrysanthus* y *H. billbergii* de Mangahurco se vieron células de parénquima fusiforme. Adicionalmente, una diferencia muy notable fue el ancho de los radios, en vista de que se encontró radios exclusivamente uniseriados para *H. billbergii* y radios con ancho de 1 a 3 series para *H. chrysanthus*. La especie de la provincia de Zamora, *H. serratifolius* se diferenció de las otras dos especies debido a que sus anillos de crecimiento fueron poco visibles y semiporosos, además se observó vasos solitarios y presentó tilosis común (ver figuras 2 y 3).

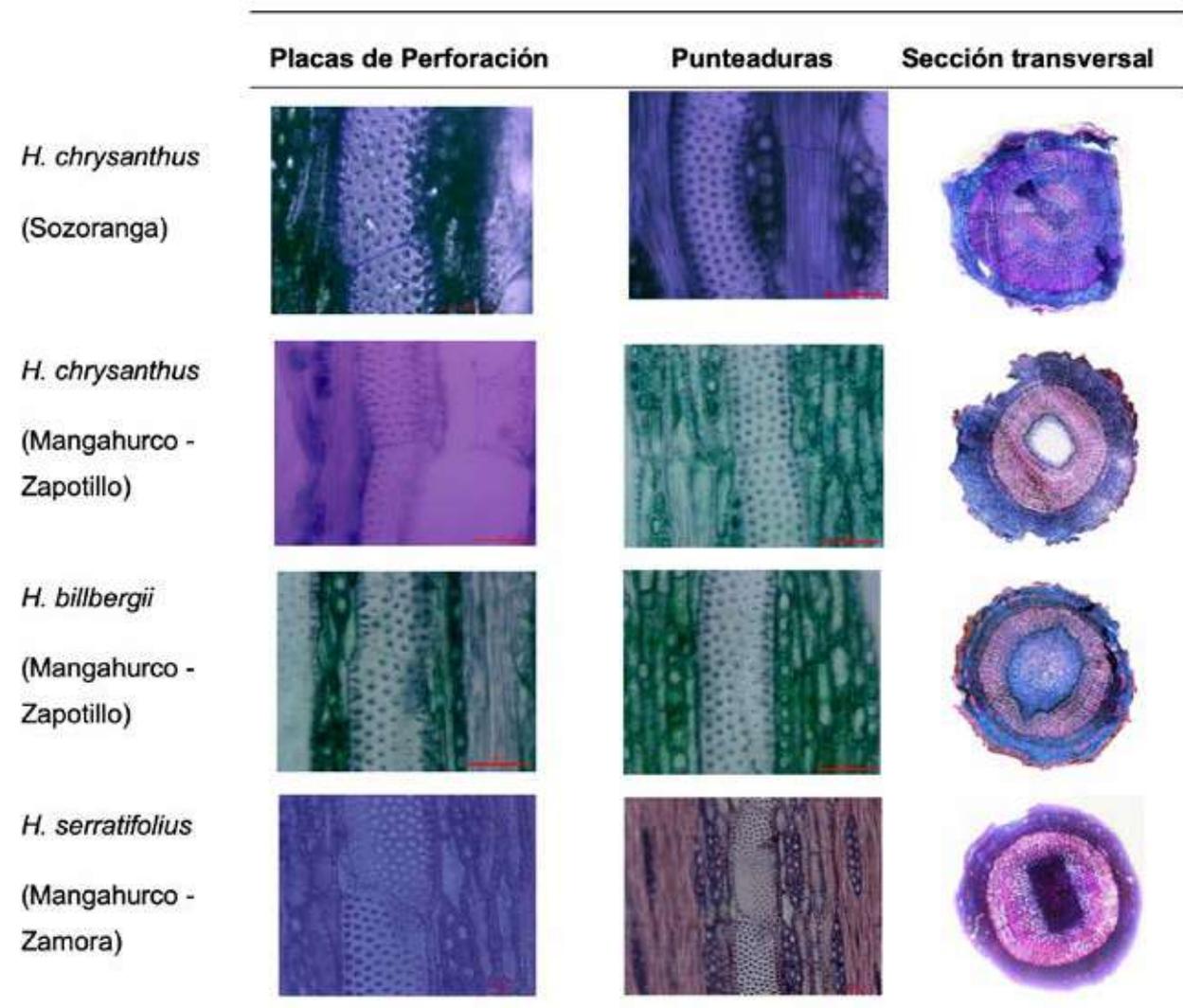


Figura 2. Vista anatómica de la madera donde se muestra el tipo de placas de perforación, punteaduras y un corte transversal de pequeñas ramas.

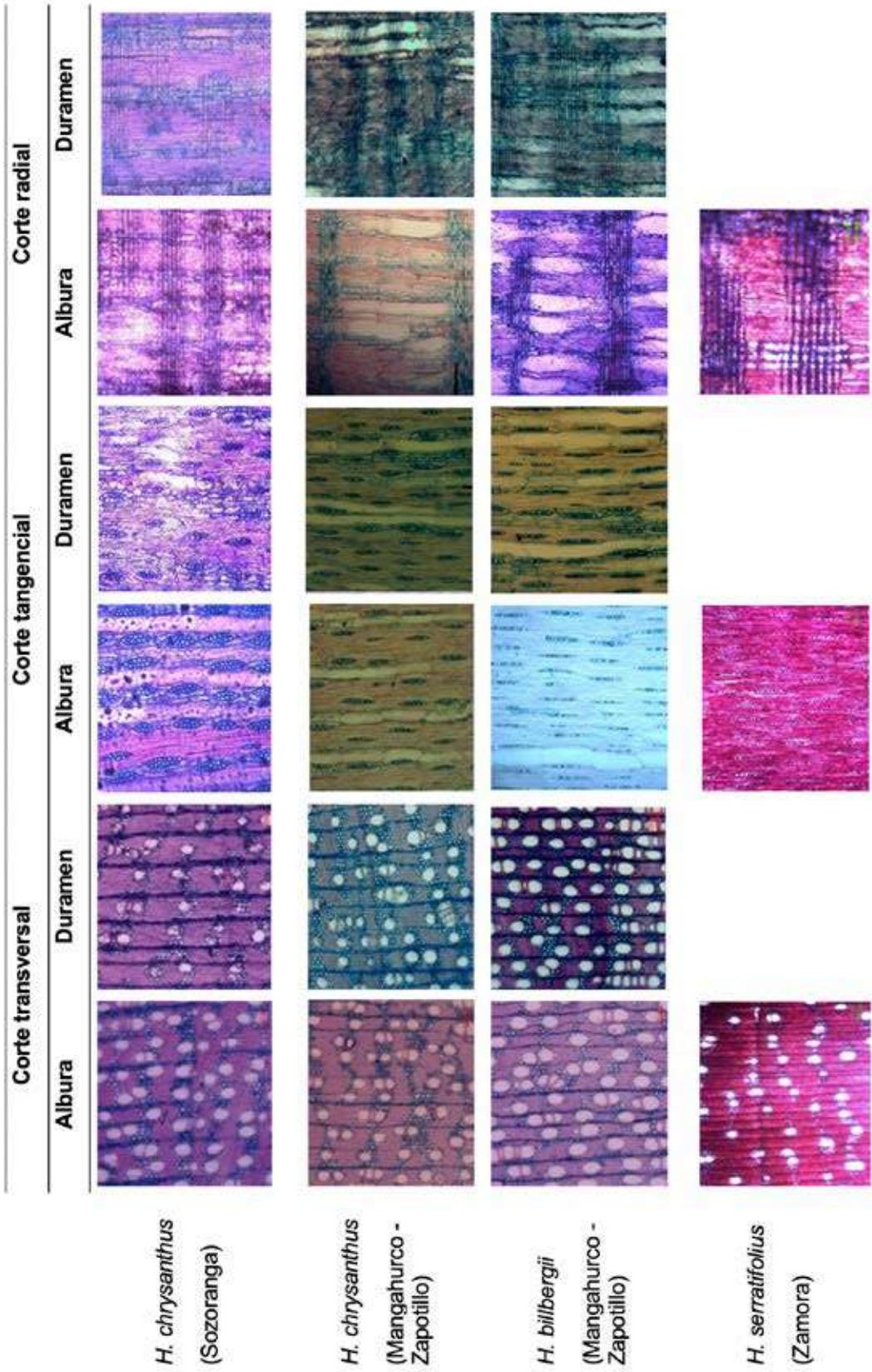


Figura 3. Vista anatómica en los cortes transversal, tangencial y radial de la madera con un lente 10x.

■ DISCUSION

Las variaciones de las características físicas y microscópicas se distinguen de acuerdo a la especie y el sitio de origen. Los resultados obtenidos en *H. chrysanthus* son similares a los presentados por León (2007) y Vinueza (2012), quienes al igual que este estudio presentan que la transición entre albura y duramen abrupta, color del duramen marrón oscuro, grano recto a entrecruzado, madera dura y pesada, sin embargo, solamente con Vinueza (2012) concuerda en cuanto a la textura mediana. Lo que difiere con estos autores son algunas propiedades organolépticas, debido a que ellos presentan albura de color amarillo, brillo irregular, sabor y olor ausente. Entre los dos individuos de *H. chrysanthus* de los sitios de Sozoranga y Mangahurco la única característica en cuanto a propiedades organolépticas que difiere es el brillo siendo alto y bajo respectivamente. Según Chavesta (2006), estas diferencias en el brillo de la madera dependen del ángulo de incidencia de la luz sobre la superficie, de los tipos de células expuestas y, además, la infiltración de sustancias aceitosas o cerosas en el duramen reducen el brillo de la madera. El sabor y olor de la madera depende de las sustancias aromáticas contenidas en el suelo debido a la infiltración que se produce. Según Nutsch (1999) el color depende de los pigmentos contenidos en las células, lignina, celulosa y del grano de mineralización de la madera.

Los resultados obtenidos para las propiedades físicas referente a la densidad en verde de *H. chrysanthus* de Sozoranga (0,96 gr/cm³) es similar a los presentados por Vinueza (2012) y Silva (2009) quienes obtuvieron 0,95 gr/cm³, mientras que, en las demás propiedades físicas como la densidad en equilibrio, anhidra y básica fueron muy diferentes a los expuestos por Vinueza (2012), pero con una pequeña variación en los resultados obtenidos por Silva (2009). Las diferencias entre la densidad se deben a características del sitio como el contenido de humedad del suelo, productividad, y densidad del arbolado (Parolin, 2002). En comparación entre los individuos de Mangahurco y Sozoranga el contenido de humedad y la contracción volumétrica presentan gran diferencia, debido a que las precipitaciones son mayores en el bosque piemontano de Sozoranga con respecto al bosque seco, cabe recalcar que *H. chrysanthus* de Mangahurco posee mayor cantidad de vasos, generando mayor absorción y reten de agua que la planta almacena para luego cumplir con sus funciones biológicas, como menciona Rodríguez *et al.*, (2007) y lo confirma esta investigación.

En el trabajo presentado por Silva (2009) se encontró características similares a los de la presente investigación respecto a *H. billbergii* en donde la transición de duramen a albura es gradual, el color en verde es amarillo aceituna y en seco gris oscuro, brillo medio, vetado en arcos superpuestos, sin embargo, en su análisis manifiesta que la madera de esta especie no presenta sabor, olor y textura fina, lo que difiere con lo expuesto en la presente investigación. El tamaño de poros y cantidad de células leñosas definen el tipo de textura en la madera (Chavesta, 2006). En relación al contenido de humedad, densidades y contracciones encontradas en esta investigación para *H. billbergii* son casi el doble que las encontradas por Silva (2009), esto se puede dar por las diferencias climáticas y altitudinales que presentan los dos sitios en comparación.

Los resultados obtenidos respecto a las propiedades organolépticas de *H. serratifolius* concuerdan con los obtenidos por SENA (2012) y León (2014), quien manifiesta que para esta especie la transición de albura a duramen es abrupta, textura fina, brillo alto y grano entrecruzado, sin embargo lo que difiere son las características como el olor, sabor y veteado, esta última característica la diferencia se debe a la disposición, tamaño y abundancia de los elementos constitutivos del leño como anillos de crecimiento, grano, color y parénquima (Chavesta, 2006). Respecto a las propiedades físicas de *H. serratifolius*, muestran que la densidad básica es 1, lo que difiere en el estudio realizado por SENA (2012) quien obtuvo un valor de 0.92 para dicha densidad. Por otra parte, los resultados que presenta SENA (2012) en el análisis de contracciones de la especie *H. serratifolius* son totalmente diferentes a las obtenidas en esta investigación. Estas diferencias se pueden dar debido a la humedad ambiental de los sitios en comparación y la saturación de fibras en la madera.

En cuanto a características anatómicas la especie *H. chrysanthus* del sitio Sozoranga presenta anillos de crecimiento visibles, porosidad difusa, vasos dispuestos en bandas tangenciales y patrones diagonales, grupos radiales, más de 100 vasos por mm², y una longitud media de vasos menor a 350 μ m, lo cual coincide con el análisis anatómico de la misma especie presentado por León (2014), Pineda, S., León, W., y Valero, S. (2016). Por otra parte, se encontró que para esta especie en lo referente al ancho de fibras y parénquima difieren con los obtenidos por León (2014); pero coinciden en cuanto al tipo de parénquima, tipo de placas de perforación y punteaduras, lo que indica que estas propiedades pueden estar relacionadas a las condiciones ambientales donde se encuentra la especie y que varían de acuerdo al sitio y aún más de país a país. Cabe recalcar que, en comparación con la especie de *H. chrysanthus* del sitio Mangahurco, solamente difiere en el tipo y células de parénquima.

En el caso de *H. billbergii* el análisis anatómico de esta especie presentó características similares a la especie *H. chrysanthus*. Las diferencias notables se encuentran en el ancho de fibra, tipo de parénquima y tipo de radio, lo que concuerda con el estudio de Silva (2009) y difieren considerablemente con el análisis anatómico realizado por Chavesta (2005); diferencias que permiten dar un primer paso para poder identificar esta especie y discriminar de otras especies del mismo género, además estas diferencias se pueden atribuir al hecho de que los presentes estudios fueron realizados en áreas con condiciones climáticas completamente diferentes. De acuerdo a la descripción anatómica de Silva (2009) para esta especie, se encontraron diferencias en cuanto al tipo de placas de perforación y disposición de las punteaduras; en cambio según la plataforma digital "Inside Wood" estos elementos anatómicos son similares a los obtenidos en la presente investigación.

León (2009) y León (2014) mencionan que la especie *H. serratifolius*, presenta anillos de crecimiento no visibles, porosidad difusa, poros sin patrón definido, lo que no concuerda con lo expuesto en la presente investigación; sin embargo, se encontró similitud con la disposición de vasos, placas de perforación, punteaduras, ancho de fibra y tipo de parénquima.

El análisis de estas características realizado en *H. serratifolius* nos permite establecer claras diferencias en relación a las otras dos especies del mismo género, quienes presentan características muy similares, sin embargo, las similitudes encontradas son mínimas, por lo que no suponen un punto clave para la diferenciación entre especies del género *Handroanthus*.

CONCLUSIONES

La importancia de identificar especies forestales, es esencial para poder establecer planes para su manejo, conservación o la utilización para la trabajabilidad de la madera. Las tres especies que se presentan en este artículo, mostraron notables diferencias entre sí de acuerdo a las características evaluadas a cada especie o al sitio de muestreo.

Las tres especies evaluadas guardan diferencias puntuales entre sí, por lo que se las puede distinguir; las diferencias son importantes por el hecho de pertenecer a una misma familia botánica (Bignoniaceae), estas diferencias facilitan su identificación.

H. chrysanthus del sitio Mangahurco y de Sozoranga las características que se evaluaron son similares, esto confirma que se trata de la misma especie, pero las diferencias en el número y longitud de vasos puede estar más influenciadas por las diferencias climáticas y biogeográficas donde crecieron estos individuos, lo cual es un indicador muy importante a tomar en cuenta para determinar el origen de estos individuos. Por otro lado, se puede diferenciar anatómicamente las especies *H. chrysanthus*, *H. billbergii* y *H. serratifolius* mediante las características de espesor de la pared de fibras, parénquima axial paratraqueal, ancho de radios y la agrupación de los vasos.

Las especies de *H. chrysanthus* y *H. serratifolius* se asemejan entre sí en la mayoría de características anatómicas, una diferencia importante es que *H. serratifolius* posee vasos exclusivamente solitarios, pero la especie que muestra más diferencias dentro de esta familia es *H. billbergii* con un espesor de fibras muy gruesas, tejido paratraqueal unilateral, punteaduras grandes y lo más notable es los radios que posee, siendo exclusivamente uniseriados, característica única entre las especies evaluadas.

Del parecido entre las especies *H. chrysanthus* y *H. serratifolius*, se puede justificar por qué anteriormente se los confundía, se tomaba a *H. chrysanthus* como una especie identificada en el Oriente Ecuatoriano y actualmente se identifica a *H. serratifolius*, de ello la importancia de su diferenciación anatómica.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al proyecto de investigación “Determinación de los turnos biológicos de corta para el manejo forestal sostenible al sur de Ecuador” por hacer posible la realización de este estudio. A nuestros compañeros de la carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja por su ayuda durante el trabajo de laboratorio. A nuestros familiares y todos quienes de una u otra manera nos apoyaron durante este proceso.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

Shirley A., Angélica B., y Luis N. realizaron el trabajo en campo, laboratorio, microscopía digital, identificación de características anatómicas y de propiedades físicas, análisis de datos y redacción del artículo. Darwin P. participó en la formulación y asesoramiento de la investigación, así como en la revisión, redacción y correcciones del artículo científico.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre- Mendoza Z., Loja A., Solano M, y Aguirre N. (2015). *Especies Forestales más aprovechadas del Sur de Ecuador*. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 128p.
- Aguirre, Zhofre. (2015). Pasado, presente y futuro de los “guayacanes” *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S. O. Grose y *Handroanthus billbergii* (Bureau y K. Schum.) S. O. Grose, de los bosques secos de Loja, Ecuador. *Arnaldoa*. 22(1): 85-104.
- Barghoorn, W., Cabrera, D. y Alvarado, P. (1967). *Estudio orientativo de algunas propiedades anatómicas y físico -mecánicas de 41 especies maderables de la región Carare – Opón*. Instituto de Investigaciones y Proyectos Forestales y Madereros de La Universidad Distrital. Bogotá, Colombia.
- Corothie, H. (1948). *Maderas de Venezuela*. Ministerio de Agricultura y cría. Universidad de Michigan.
- Chavesta, M. (2005). *Maderas para pisos*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
- Chavesta, M. (2006). *Separata de capacitación sobre identificación de madera*. Perú. 8-13.
- De Muñiz, G. I. B., y Marchiori, J. N. C. (2009). Anatomía da madeira de duas Bignoniáceas da Floresta Estacional de Misiones– Argentina. *Balduinia*, (18): 20- 25.
- E. (Eds.). (1989). IAWA list of microscopic features for hardwood identification. Repr. *IAWA Journal* 10: 219-332.
- Kribs, D. 1950. *Comercial Foreign Word on the American Market*. Dower Publication. Inc the Pennsylvania State University. New Cork, United States.
- González, A. (2013). *Indumento, nectarios extraflorales y anatomía foliar en Bignoniaceas de la Argentina*.
- Grande, D., Polanco, C. (2007). Descripción anatómica de la madera de cuarenta especies del bosque Alto-Andino en GUASCA, Cundinamarca. *Colombia Forestal*. 10 (20): 180-206
- Grose, S y Olmsted R. (2007). Taxonomic revisions in the polyphyletic genus *Tabebuia* s.l. (Bignoniaceae). Department of Biology, University of Washington. *Systematic Botany*, 32 (3): 660-670.
- Ibáñez, C. (2001). *La Madera: Composición, alteraciones y restauración*. Recuperado de: https://grupos.unican.es/acanto/aep/bolpas/la_madera_BMVP-2001.htm
- Leonardi, D., Sapio, O., Gattuso, M. y Gattuso S. (2002). Caracteres morfoanatómicos de la corteza y hojas de *Tabebuia impetiginosa* y *T. heptaphylla* (Bignoniaceae). *Sociedad Argentina de Botánica*. 37 (1-2): 51-61
- León, W. (2007). *Anatomía del Xilema Secundario de 10 especies de la familia Bignoniaceae de Venezuela*. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.
- León, W. (2009). Anatomía de la Madera y Clave de Identificación para Especies Forestales Vedadas en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 51-62.
- León, W. (2014). *Anatomía de maderas de 108 especies de Venezuela*. Universidad de los Andes, Revista Pittieria.
- Marchiori, J. N. C. (2009). Estudo anatômico da madeira de *Handroanthus pulcherrimus* (Sandwith) S. Grose. *Balduinia*, (19): 10-13.

- Morris, C. y Rey, J. (1974). *Clave macro y micrográfica de catorce (14) maderas colombianas*. Tesis de grado. Ingeniería forestal. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Santafé de Bogotá.
- Nutsch, W. (1999). *Tecnología de la madera y mueble*. Editorial Reverté, S.A.
- Parolin, P. (2002). Radial gradients in wood specific gravity in trees of Central Amazonian Floodplains. *IAWA Journal*. (23): 449-457.
- Pérez, A. (1987). La identificación anatómica de maderas en Latinoamérica. *Acta Botánica Brasiliense*. (2): 291-297.
- Pineda, S., León, W., y Valero, S. (2016). Madera de frondosas: cedro, apamate, curarire y divi, utilizadas en armaduras de cubiertas y carpintería de las viviendas de mampostería del casco histórico de Maracaibo, Venezuela. *Revista electrónica ReCoPar*, (11): 18-38.
- Rodríguez, R., Palacios, H y Lomelí M. (2007). *Estructura anatómica de la madera*. *Ciencia y Desarrollo*. 33 (213): 24-29.
- SENA. (2012). *Guayacán, Polvillo (Tabebuia serratifolia)*. Disponible en: [http://www.cmm.com.co/assets/pdf/Guayacan_Polvillo_\(Tabebuia_serratifolia\).pdf](http://www.cmm.com.co/assets/pdf/Guayacan_Polvillo_(Tabebuia_serratifolia).pdf)
- Silva, J. (2009). *Determinación de las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de la especie forestal madero negro o guayacán (Tabebuia billbergii) de la región Tumbes*. Tesis Ingeniero Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, Universidad Nacional de Tumbes. Perú. 130p.
- Villalba, H. (2010). *Materiales de uso técnico. La Madera*. Disponible en: https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2010/02/materiales_madera.pdf
- Vinueza, M. (2012). *Fichas técnicas de especies forestales. Ficha técnica N° 6: Guayacán*. Ecuador Forestal. Disponible en: <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-6-guayacan/>
- Zapater, M. y Lozano, E. (2009). Delimitación y estatus de *Handroanthus heptaphyllus* y *H. impetiginosus* (Tecomae, Bignoniaceae). *Darwiniana*. 46 (2): 304-317
- Zapater, M., Califano, L., Castillo, E., Quiroga, M. y Lozano, E. (2009). Las Especies Nativas Y Exóticas De *Tabebuia* Y *Handroanthus* (Tecomae, Bignoniaceae) En Argentina. *Darwiniana*. 47 (1): 185 -220.