

# Características anatómicas y propiedades físicas de la madera de *Ilex guayusa* Loes.

## Anatomical features and physical properties in the wood of *Ilex guayusa* Loes.

Montaño Jessenia<sup>1\*</sup>  
Rosillo Edith<sup>1</sup>  
Zhiñin Hector<sup>2</sup>,  
Pucha-Cofrep Darwin<sup>1,2</sup> 

<sup>1</sup> Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja. Loja. Ecuador

<sup>2</sup> Laboratorio de Anatomía de Maderas Tropicales, Universidad Nacional de Loja. Loja. Ecuador

\*Autor para correspondencia: jessenia.montano@unl.edu.ec

Recibido: 31/03/2019

Aprobado: 06/05/2019

### RESUMEN

**I**lex guayusa Loes tiene un alto valor cultural en las comunidades amazónicas de Ecuador y su uso ha trascendido a la sociedad en general por sus propiedades medicinales, principalmente de sus hojas que adicionan un valor comercial en los últimos años. Poco se conoce sobre la estructura anatómica microscópica de su madera y sus propiedades físicas que se convierten en el objetivo de esta investigación a nivel de ramas, tronco y raíz. El material vegetal fue colectado en el sector Guayzimi, provincia de Zamora Chinchipe. Se identificó las características anatómicas en base a la normativa IAWA en planos transversal, tangencial, y radial; para las propiedades físicas se obtuvieron probetas de diferentes tamaños. Los resultados de propiedades físicas obtenidos en la madera de tronco, rama y raíz respecto a la densidad básica fueron de 0,56 g/cm<sup>3</sup>, 0,56 g/cm<sup>3</sup> y 0,63 g/cm<sup>3</sup>, el contenido de humedad 83,75 %, 67,26 % y 70,16 %; y contracción volumétrica 11,44 %, 11,05 % y 11,13 % en forma respectiva. En lo anatómico la longitud de los vasos de 641,15 μm, 743,37 μm y 92,65 μm y la longitud de fibras 991,48 μm, 619,64 μm y 769,60 μm en tronco, rama y raíz, respectivamente. Las características anatómicas cualitativas fueron similares en toda la planta, exceptuando la presencia de drusas en el parénquima radial del tronco y cristales prismáticos en fibras de la raíz.

*Palabras clave:* Anatomía de la madera, ramas, raíces, tronco, propiedades físicas.

## ABSTRACT

The *Ilex guayusa* Loes species has a high cultural value in the Amazonian communities of Ecuador and its use has transcended society in general for its medicinal properties, thus increasing its commercial value in recent years. However, the knowledge about their plant physiology is limited, even more about the microscopic anatomical structure of its wood. Therefore, this study has as purpose generated a first description of the microscopic characteristics and physical properties of wood in branches, trunk, and root. The samples were collected in the Guayzimi sector, Zamora Chinchipe province with two repetitions. The anatomical characteristics were identified based on the IAWA regulations in transverse, tangential, and radial planes. For physical properties, were obtained specimens of different sizes. The results obtained in trunk, branch and root wood with respect to the basic density were 0,56 g / cm<sup>3</sup>, 0,56 g / cm<sup>3</sup> and 0,63 g / cm<sup>3</sup>, respectively; the moisture content 83,75 %, 67,26 % and 70,16 %; and volumetric contraction 11,44 %, 11,05 % and 11,13 %. The vessels length 641,15 μm, 743,37 μm and 92,65 μm and the fibers length 991,48 μm, 619,64 μm and 769,60 μm in trunk, branch and root, respectively. The qualitative anatomical characteristics were similar throughout the plant, except for the presence of drusen in the radial parenchyma of the trunk and prismatic crystals in root fibers, which confers greater hardness and resistance to this part of the plant.

*Keywords:* Anatomy of wood, branches, roots, trunk, physical properties.

## INTRODUCCIÓN

El estudio de las interacciones entre seres humanos y plantas a través del tiempo y en diferentes ambientes, específicamente lo relacionado al uso de la flora, tiene especial importancia ya que un gran porcentaje de la población mundial, en particular en países subdesarrollados, emplean plantas para afrontar las necesidades primarias, un claro ejemplo es el suministro de bienes y servicios ambientales (Angulo, Rosero y González, 2012; Arias-Toledo, Galetto y Colantonio, 2007; Canales *et al.*, 2006; Luna-Morales, 2015), este campo ha adquirido interés e importancia en las últimas décadas debido a la pérdida acelerada del conocimiento tradicional y a la degradación de los bosques (Castellanos-Camacho, 2011; Hernández-Ramos, Ávila-Bello y Morales-Mávil, 2007; Menseguez, Galetto y Anton, 2007; Toledo, Trillo y Grilli, 2010; Zambrano-Intriago, Buenaño-Allauca, Mancera-Rodríguez y Jiménez-Romero, 2015).

La región Amazónica de Ecuador posee una amplia biodiversidad en el nivel ecosistémico, específico, genético y étnico cultural, traduciéndose en un amplio y profundo entendimiento de su medio ambiente y ecología por parte de las comunidades autóctonas, permitiendo así la consecución de amplios conocimientos que constituyen una base importante para la conservación de la biodiversidad global (Jácome, Tanchima, Santi y Vargas, 2012; Lalama, Montes y Zaldumbide, 2016; Townsend, 2003; Uzendoski, 2015), para el fortalecimiento de estos conocimientos es de fundamental importancia generar información acerca de las características anatómicas, propiedades físicas y mecánicas, que contribuyan al manejo sustentable de las especies forestales.

En esta perspectiva el género *Ilex*, con un número aproximado de 400 especies, siendo el más importante de la familia Aquifoliacea, se distribuye en todas las áreas tropicales del mundo y se extiende a regiones templadas hasta 65°N (América, Eurasia) y 35°S (América, África), en los trópicos se encuentra una serie de especies en el bosque montano, así como también en los bosques de tierras bajas de la amazonia ecuatoriana (Baas, 1973).

Para Ecuador se reportan 32 especies del género *Ilex*, resaltándose la especie *Ilex guayusa*, que se distribuye de 0-1500 m s.n.m. (Jørgensen y León-Yáñez, 1999), y alcanza un tamaño hasta 10 m de altura y un diámetro a la altura del pecho (DAP) de 50-80 cm, tienen una copa irregular y presentan un follaje denso, su fuste tiene corteza blanca y textura lisa, sus ramas son extendidas y flexibles, posee hojas de color verde-oliváceas, enteras, oblongo-elípticas, simples, alternas, coriáceas, dentadas, glabras o subglabras en el haz y envés, ápice acuminado, base aguda, 15-21 cm de largo, 5- 7,5 cm de ancho, pecíolo corto de 1 cm de largo, el fruto es una baya globosa de 1 cm de ancho y verde, la flor posee una corola blanco verdosa con pétalos obtusos, estambres en igual número que los pétalos, anteras oblongas, ovario sécil subgloboso y usualmente con 4-6 cavidades (Schultes, 1972).

También se la conoce como planta sagrada de las nacionalidades indígenas, quienes atribuyen propiedades curativas; también forma parte de la agrobiodiversidad amazónica, y es empleada por los pueblos amazónicos (Kichwas) en la preparación de una infusión considerada energizante y útil para prevenir el envejecimiento, limpiar el estómago de toxinas, y demás (Alvarado, 2016; De la Torre, Navarrete, Muriel, Macía y Balslev, 2008; Lalama, Montes y Zaldumbide, 2016).

*I. guayusa* por su alto valor cultural en las comunidades amazónicas, en los últimos años ha trascendido notablemente su uso, convirtiéndose en una fuente importante de ingresos económicos. Sin embargo, su fisiología vegetal no es bien conocida, y mucho menos su estructura anatómica microscópica, debido a que las investigaciones acerca de la madera de esta especie es relativamente nueva, por tanto, existe un vacío de información científica, motivo por el cual se presenta esta primera descripción, con el propósito de conocer las diferencias o similitudes microscópicas y determinar las propiedades físicas entre la madera del tronco, ramas y raíces de la especie, información que se puede considerar una base para posteriores estudios y proyectos encaminados a garantizar la sostenibilidad de la especie.

## MATERIALES Y METODOS

### Ubicación geográfica

Las muestras de xilema, material de estudio corresponde a muestras extraídas de tronco, ramas y raíz de dos individuos de *Ilex guayusa* L., procedentes del sector Guayzimi, cantón Nangaritza, parroquia Guayzimi, al sur oriente de la provincia de Zamora Chinchipe



Figura 1. Ubicación del sitio de muestreo.

### Colección de muestras y análisis de laboratorio

Se seleccionó dos individuos, tomando en cuenta un buen estado fitosanitario, así como un fuste recto; de estos individuos se colectó muestras de tronco, rama y raíz. En el caso de la rama y el tronco la sección de madera cortada tuvo la siguiente dimensión: 100 cm de longitud x 10 cm de diámetro, de las cuales se obtuvieron tres probetas medianas en tronco y cuatro en la rama de 16 x 5,7 x 2,2 cm, cuatro probetas pequeñas de 10 x 2,5 x 2,5 de tronco y rama, y una sección transversal (rodaja) con 2,5 cm de espesor de donde se obtuvieron 10 cubos de 1 cm<sup>3</sup>. Para la sección de la raíz se colectó una muestra de 50 cm longitud x 5 cm de diámetro, y se obtuvo 3 probetas con dimensiones: 5 x 2 x 2 cm. También se extrajo muestras de rama y raíz con las siguientes dimensiones 5 cm x 0,5 cm de diámetro para la obtención de cortes transversales con parafina. Mediante el pesaje y medición de las dimensiones de las probetas se obtuvo el contenido de humedad, contracción volumétrica y densidades en: verde, equilibrio, anhidra y básica a través de ensayos de propiedades físicas, para ello se utilizaron probetas pequeñas del tronco y rama (10 x 2,5 x 2,5 cm) y para raíz (5 x 2 x 2 cm), debido a la limitante de la morfología de la raíz en la obtención de probetas con mayor dimensión.

En el Laboratorio de Anatomía de Maderas Tropicales, de la Universidad Nacional de Loja donde se procedió a obtener tres cortes en los planos transversal, tangencial y radial de los cubitos de 1 cm<sup>3</sup> de cada parte del árbol (tronco, rama y raíz), aplicándose la metodología propuesta por Feijoo, Ramón y Pucha-Cofrep (2018). Se realizó la caracterización anatómica, tanto cualitativa como cuantitativa mediante la observación de los cortes con el microscopio trinocular OLYMPUS, con cámara incorporada y el software Infinity Analyze, usando los lentes de 4x, 10x, 20x y 40x, en base a la nomenclatura internacional propuesta por AIWA (Wheeler, Baas y Gasson, 2016). También se elaboró una base fotográfica digital que permitió evidenciar las principales características anatómicas cualitativas del tronco, rama y raíz principal. Se utilizó el paquete InfoStat para el análisis estadístico (promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, valor máximo y mínimo) y se determinó la existencia de diferencias significativas entre los resultados del tronco, ramas y raíz aplicándose un análisis de la varianza.

## RESULTADOS

### Propiedades físicas

El contenido de humedad en la madera del tronco, rama y raíz de *Ilex guayusa* Loes. fue de 83,75 %, 67,26 % y 70,16 %; mientras que la contracción volumétrica de 11,44 %, 11,05 y 11,13% en forma respectiva. Los valores de densidad en verde fueron de 1,04 g/cm<sup>3</sup>, 0,93 g/cm<sup>3</sup> y 1,07 g/cm<sup>3</sup>, en equilibrio de 0,65 g/cm<sup>3</sup>, 0,63 g/cm<sup>3</sup> y 0,74 g/cm<sup>3</sup>, anhidra de 0,64 g/cm<sup>3</sup>, 0,63 g/cm<sup>3</sup> y 0,71 g/cm<sup>3</sup> y básica de 0,56 g/cm<sup>3</sup>, 0,56 g/cm<sup>3</sup> y 0,63 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Para facilitar una mayor interpretación, los valores de propiedades físicas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades físicas de la madera en *Ilex guayusa* Loes.

Variabes	Tronco	Rama	Raíz
Contenido de humedad [%]	83,75 (B)	67,26 (A)	70,16 (A)
Densidad en verde [g/cm <sup>3</sup> ]	1,04 (B)	0,93 (A)	1,07 (B)
Densidad en equilibrio [g/cm <sup>3</sup> ]	0,65 (A)	0,63 (A)	0,74 (B)
Densidad anhidra [g/cm <sup>3</sup> ]	0,64 (A)	0,63 (A)	0,71 (B)
Densidad básica [g/cm <sup>3</sup> ]	0,56 (A)	0,56 (A)	0,63 (B)
Contracción volumétrica [%]	11,44 (A)	11,05 (A)	11,13 (A)

(A)(B)=diferencia significativa (p<0,05); (A)(A)=no hay diferencia significativa (p>0,05)

### Características microscópicas

De acuerdo con análisis microscópico de cortes anatómicos se evidenciaron características cualitativas similares entre el tronco, ramas y raíz principal. Los anillos de crecimiento poco visibles y con poros difusos. Los vasos (Fig. 2) se encontraron en su mayoría dispuestos en patrones radiales de 2 a 3, presentan perfil angular, poseen dos diámetros distintos.

Las placas de perforación (Fig. 3) son escalariformes con 20-40 barras y sus punteaduras (Fig. 4) en su mayoría son intervascuales opuestas (4-7 μm) y en menor cantidad son escalariformes. Se reportó presencia variable de tilosis común solamente en ramas. Las fibras presentaron espesor de pared mediano. Se observó parénquima (Fig. 5) axial apotraqueal difuso en agregados. Radios (Fig. 6) de dos tamaños distintos, de un ancho variable de cuatro a diez series, con células procumbentes con más de cuatro filas de células verticales y/o cuadradas marginales (presencia variable).

Presencia de cristales prismáticos (Fig. 7) en células de radios (cuadradas, procumbentes) y parénquima axial en tronco y ramas; cabe destacar que en las raíces se encontraron cristales prismáticos dentro de las fibras y únicamente en el tronco se evidenció drusas en células de parénquima radial. (Tabla 2).

Tabla 2. Características microscópicas en madera de *Ilex guayusa* (Normativa IAWA)

Cód.	Característica	Tronco	Ramas	Raíz
2.	Anillos de crecimiento poco visibles o ausentes	X	X	X
5.	Anillos con poros difusos	X	X	X
7.	Vasos (poros) en patrones radiales o diagonales	X	X	X
10.	Vasos (poros) en grupos radiales de 4 o más	X (2 a 3)	X (2 a 3)	X (2 a 3)
12.	Perfil angular de vasos solitarios	X	X	X
17.	Placas de perforación escalariformes con 20–40 barras	X	X	X
20.	Punteaduras intervasculares escalariformes	PV	PV	PV
21.	Punteaduras intervasculares opuestas	X	X	X
<b>Tamaño de punteaduras intervasculares</b>				
25.	Pequeño 4-7 $\mu\text{m}$	X	X	X
30.	Punteaduras vasos-radios con distintos bordes; similar a las perforaciones intervasculares en forma y tamaño a través de células radiales	X	X	X
35.	Punteaduras vasos-radios restringidos a filas marginales	PD	PD	
<b>Diámetro medio tangencial del lumen del vaso</b>				
40.	$\leq 50 \mu\text{m}$		X	
41.	50–100 $\mu\text{m}$	X		X
48.	20-40 vasos por milímetro cuadrado			X
49.	40-100 vasos por milímetro cuadrado	X	X	
<b>Longitud media de vasos</b>				
53.	350-800 $\mu\text{m}$	X	X	X
56.	Tilosis común		PV	
62.	Fibras con punteaduras claramente bordeadas	X	X	X
66.	Fibras septadas ausentes	X	X	X
69.	Fibras de pared delgada a gruesa	X	X	X
<b>Longitud media de fibra</b>				
71.	$\leq 900 \mu\text{m}$		X	X
72.	900–1600 $\mu\text{m}$	X		
<b>Parénquima axial apotraqueal</b>				
77.	Parénquima axial difuso en agregados	X	X	X
93.	Ocho (5-8) células por hebra de parénquima	PV	PV	X
98.	Radios comúnmente de 4 a 10 series	PV	PV	PV
102.	Radios de altura mayor a 1mm	X		
103.	Radios de dos tamaños distintos	X	X	X
107.	Cuerpo del radio con células procumbentes con 2-4 filas de células verticales y/o cuadradas marginales	X	X	X
<b>Radios por milímetro</b>				
115.	4–12 / mm	X		X
116.	$\geq 12$ / mm		X	

Cód.	Característica	Tronco	Ramas	Raíz
122.	Radios y/o elementos axiales ordenados irregularmente.	X	X	X
136.	Cristales prismáticos presentes.	X	X	X
137.	Cristales prismáticos en células de radios rectos y/o cuadrados.	X	X	X
138.	Cristales prismáticos en células de radios procumbentes.	X	X	X
140.	Cristales prismáticos en cámaras rectas y/o radios de células cuadradas	X	X	X
142.	Cristales prismáticos en células de parénquima axial de cámara.	X	X	
143.	Cristales prismáticos en fibras.			X
144.	Drusas presentes.	X		
145.	Drusas en células de parénquima radial.	X		
148.	Drusas en celdas de cámara.	X		
<b>Otros tipos de cristales</b>				
151.	Styloids y/o cristales alargados	PD		

PV=Presencia variable; PD=Presencia desconocida

Según los valores promedios obtenidos por cada variable microscópica cuantitativa se encontró en la madera del tronco, rama y raíz un tamaño de punteaduras intervasculares de 6,13  $\mu\text{m}$ , 5,67  $\mu\text{m}$  y 5,66  $\mu\text{m}$ . Con relación al tamaño de vasos, el diámetro medio tangencial del lumen fue de 58,04  $\mu\text{m}$ , 41,80  $\mu\text{m}$  y 47,58  $\mu\text{m}$  y la longitud de 641,15  $\mu\text{m}$ , 743,37  $\mu\text{m}$  y 92,65  $\mu\text{m}$  en forma respectiva. La densidad de vasos fue de 79,10  $\text{u}/\text{mm}^2$ , 60,00  $\text{u}/\text{mm}^2$  y 38,70  $\text{u}/\text{mm}^2$ . Respecto a las fibras, se observaron alturas de 991,48  $\mu\text{m}$ , 619,64  $\mu\text{m}$  y 769,60  $\mu\text{m}$ , respectivamente (Tabla 3).

Tabla 3. Características microscópicas cuantitativas en madera de *Ilex guayusa*

Variables	Tronco	Rama	Raíz
Tamaño de punteaduras intervasculares ( $\mu\text{m}$ )	6,13(A)	5,67(A)	5,66(A)
Diámetro medio tangencial del lumen del vaso ( $\mu\text{m}$ )	58,04(C)	41,80(A)	47,58(B)
Longitud media de vasos ( $\mu\text{m}$ )	641,15(B)	743,37(C)	92,65(A)
Altura de radio ( $\mu\text{m}$ )	1042,26(B)	473,83(A)	461,84(A)
Longitud media de fibras ( $\mu\text{m}$ )	991,48(B)	619,64(A)	769,60(AB)
Densidad de vasos ( $\text{u}/\text{mm}^2$ )	79,10(C)	60,00(B)	38,70(A)

Letras diferentes= diferencia significativa ( $p < 0,05$ ); letras iguales=no hay diferencia significativa ( $p > 0,05$ )

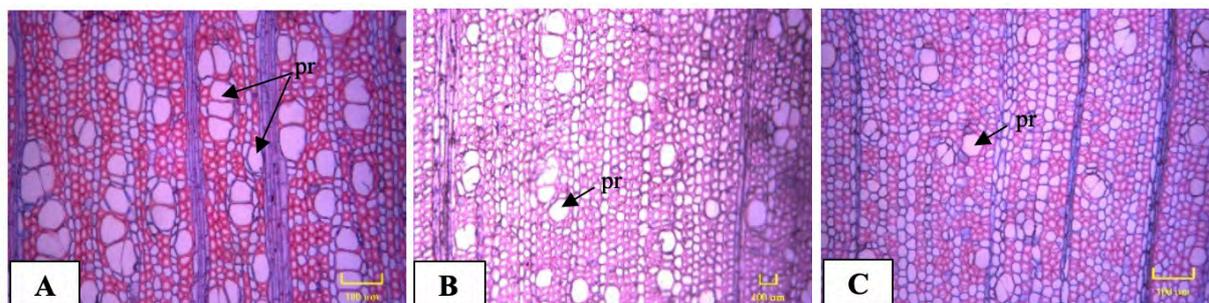


Figura 2. Vista anatómica en un corte transversal de *Ilex guayusa* Loes donde se indica la disposición y agrupación de poros (pr) en tronco (A), rama (B), raíz (C). Escala 100  $\mu\text{m}$

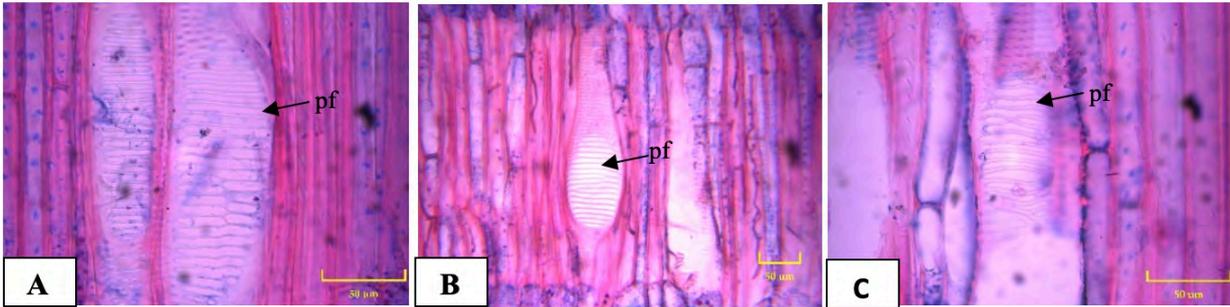


Figura 3. Vista anatómica en un corte radial de *Ilex guayusa* Loes donde se muestran las placas de perforación (pf) en tronco (A), rama (B), raíz (C). Escala 50 µm.

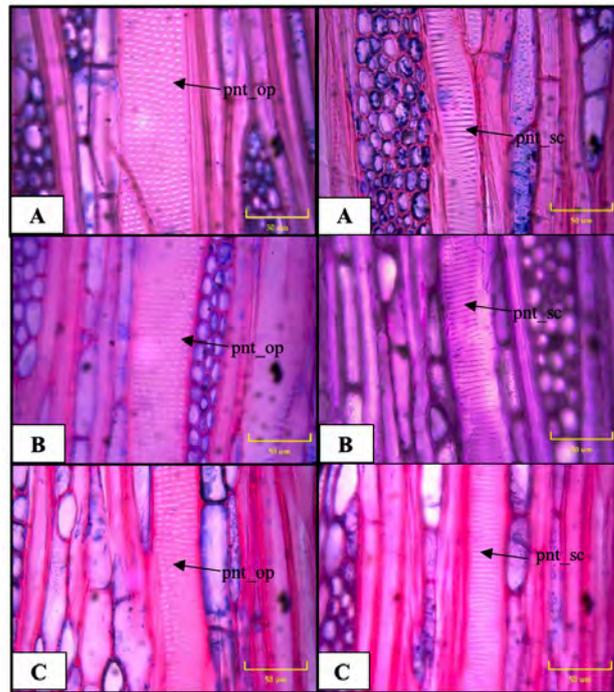


Figura 4. Vista anatómica en un corte radial de *Ilex guayusa* Loes donde se muestran las punteaduras (pnt) en tronco (A), rama (B) y raíz (C) opuestas (op) y escalariformes (sc). Lente 40x. Escala 50 µm.

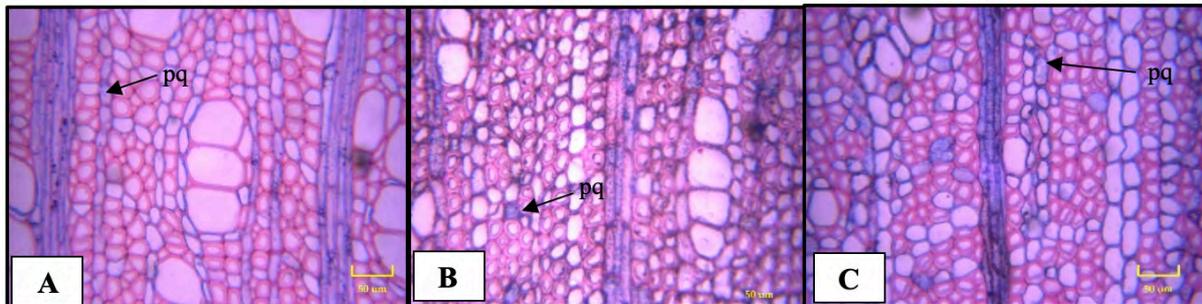


Figura 5. Vista anatómica en un corte transversal de *Ilex guayusa* Loes donde se muestra el parénquima (pq) en tronco (A), rama (B), raíz (C). Escala 50 µm.

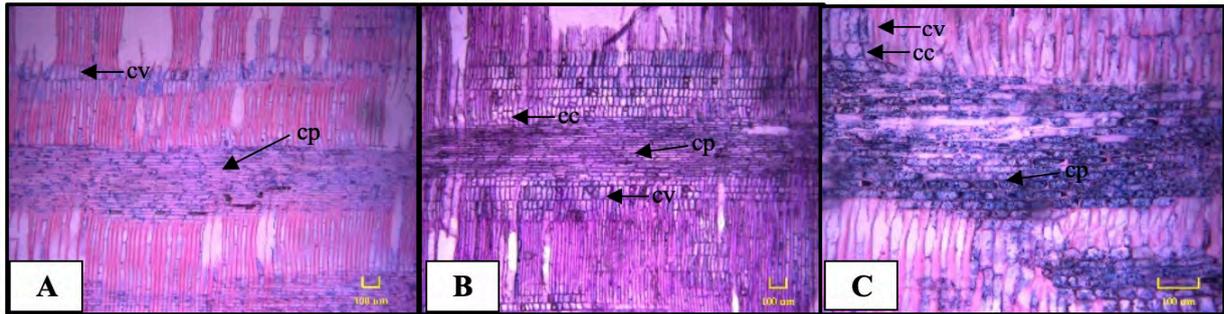


Figura 6. Vista anatómica en un corte radial de *Ilex guayusa* Loes donde se indica radios con células procumbentes (cp), verticales (cv) y cuadradas (cc) en tronco (A), rama (B), raíz (C). Escala 100 µm.

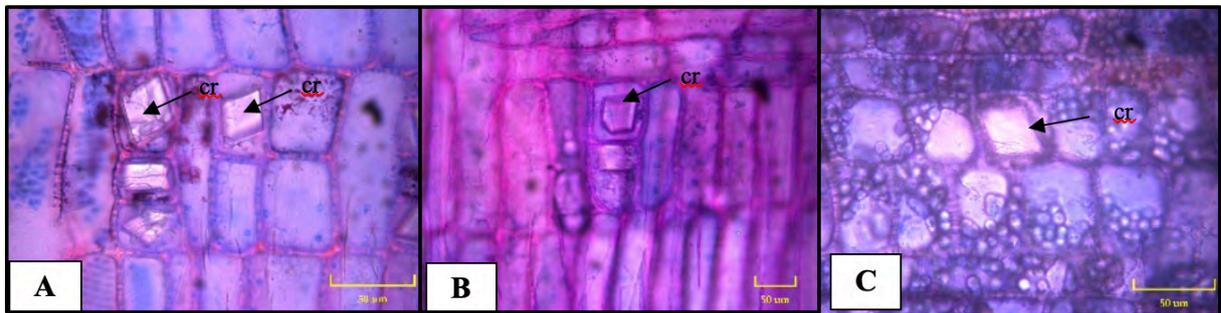


Figura 7. Vista anatómica en un corte radial de *Ilex guayusa* Loes donde se indica la presencia de cristales prismáticos (cr) en tronco (A), rama (B), raíz (C). Escala 50 µm.

Las diferencias entre el corte transversal con corteza de la rama y la raíz se observan en la figura 8, donde la rama (B) mostró alrededor de las  $\frac{3}{4}$  partes de médula respecto a toda la muestra y una corteza de grosor delgado, también se presentó mayor cantidad de lignina; en contraste con la raíz (C) la médula fue mínima, se evidenció menos lignina más bien abundancia de celulosa y el grosor de la corteza fue delgada al igual que en la rama.

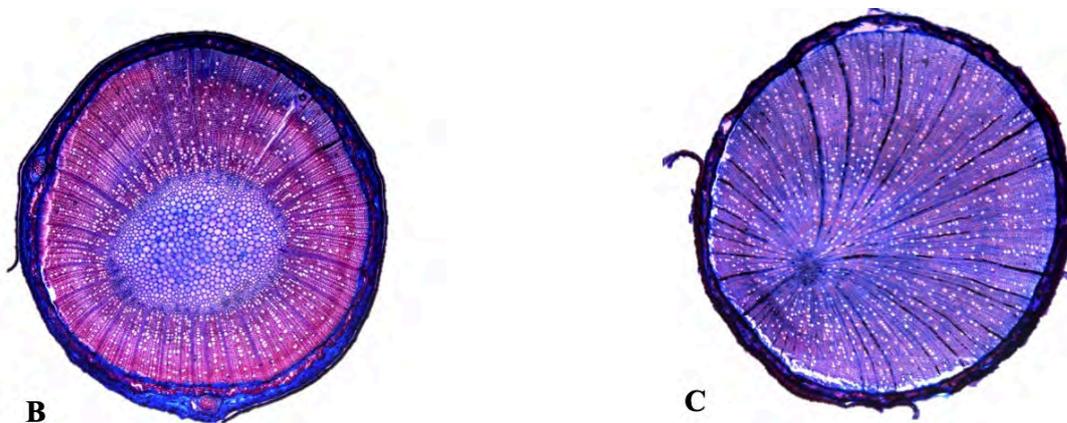


Figura 8. Vista anatómica en un corte transversal con corteza de *Ilex guayusa* Loes en rama (B), raíz (C).

## ■ DISCUSION

### Propiedades físicas

La madera ensayada registró densidades que van desde 0,56 a 0,63 g/cm<sup>3</sup> valores similares a los citados por Richter y Dallwitz (2000) quienes basados en un estudio de 7 especies del género *Ilex* obtienen entre 0,52 y 0,62 g/cm<sup>3</sup>, por otra parte, los valores antes descritos permitieron clasificarla según lo señala AEIM (2016 - 2019) como una madera semiligera y semipesada.

Al establecer la relación entre características anatómicas y propiedades físicas, se observó que en contraste con la densidad, la especie alcanzó en las tres partes del árbol densidades entre moderadamente liviana y pesada, característica dada por la estructura anatómica microscópica analizada, según Mc Donald *et al.*, (1995) mencionan que los incrementos en la densidad de la madera están directamente asociados a un aumento en el grosor de paredes de las fibras, disminución del diámetro del lumen de las fibras y aumento en la frecuencia o cantidad de fibras.

Sin embargo, en la estructura anatómica heterogénea propia de las maderas angiospermas, las fibras no son una característica única para explicar el comportamiento de la densidad. En relación con vasos León (2010) indica a mayores proporciones de tejido de conducción en este caso vasos o poros, bien sea por aumento del diámetro de los mismos o por incremento de su frecuencia, producen reducciones en el valor de la densidad o peso específico.

Respecto a la contracción volumétrica los datos promedios de 11,44 %, 11,05 % y 11,13 %, obtenidos en tronco, ramas y raíz respectivamente, significa que en las tres partes del individuo presentó una contracción media, según lo señalan Vignote y Martínez (2006), el porcentaje para contracción pequeña es de 5 a 10 %, para contracción media 10 a 15% y para la contracción superior de 15 a 20 %.

### Características microscópicas

La madera de *I. guayusa* presentó características similares a otras especies de su mismo género.

### Vasos

En *I. guayusa* se observó los anillos de crecimiento poco visibles con poros difusos. Sus vasos con perfil angular y ubicados en dirección radial; además, sus placas de perforación escalariformes con punteaduras intervasculares opuestas. Características similares a lo encontrado por Richter y Dallwitz (2000) en especies del género *Ilex*, madera con porosidad difusa, vasos en grupos radiales cortos de dos a tres vasos, presentan también contorno angular y punteaduras intervasculares opuestas. León y Espinoza (2001) también señalan que *Ilex laurina* Kunth, presenta vasos angulares dispuestos en patrones radiales, con platina de perforación escalariforme y punteaduras opuestas.

En *I. guayusa* se observó placas de perforación escalariformes con 20-40 barras, semejante a lo que señala León y Espinoza (2001) en *Ilex aquifolium* L., con más de 20 barras en una placa de perforación escalariforme. En cambio, Richter y Dallwitz (2000) en otras especies tienen placas de perforación escalariformes con 20-40 barras.

En *I. guayusa* el diámetro medio tangencial de los vasos en la madera del tronco y raíz registró entre 50-100  $\mu\text{m}$ , mientras que, en la rama el tamaño fue menor a 50  $\mu\text{m}$ , además la densidad de vasos fue de 40-100  $\text{u}/\text{mm}^2$  en el tronco y rama, mientras que en la raíz se obtuvo 20-40  $\text{u}/\text{mm}^2$ , tal resultado se asemeja a lo señalado por Richter y Dallwitz (2000), quienes indican que en este género existen diámetros de vasos en un rango de 56 y 92  $\mu\text{m}$  y el número de vasos por  $\text{mm}^2$  es de 14-60. En *I. guayusa* los vasos más estrechos se encontraron en las ramas y los más anchos y largos en el tronco.

### Radios

En *I. guayusa* se presentaron radios de dos tamaños diferentes, y en relación con su composición celular se encontró presencia variable de células procumbentes con más de cuatro filas de células cuadradas y verticales marginales; de manera semejante se evidencia en *Ilex laurina* Kunth, según lo señala Espinoza y León (2001), la madera presenta radios de dos tamaños distintos, heterocelulares con más de cuatro filas de células marginales. El número de radios por  $\text{mm}^2$  fue de cuatro a doce en tronco y raíz, mientras que, en la rama menor a doce, con un ancho variable entre cuatro y diez series; solamente en el tronco la altura de radios sobrepasó 1mm. Richter y Dallwitz (2000) indican que en otras especies de este género se encuentran radios de dos diferentes tamaños, 5–15 radios por  $\text{mm}^2$ , cuyo ancho varía entre 1–15 células, con altura de los radios grandes mayor a 1mm.

### Parénquima

*I. guayusa* no presentó parénquima axial paratraqueal, por el contrario, se observó parénquima axial difuso en agregados tanto en el tronco, rama y raíz. Según estudios de Baas (1973), indica que las especies que crecen en zonas templadas presentan un parénquima muy escaso, en tanto las especies que se desarrollan en zonas tropicales y subtropicales poseen mayor cantidad de parénquima sea apotraqueal difuso o difuso en agregados.

### Fibras

Las fibras en la madera de *I. guayusa* presentaron una longitud media en el tronco de 991,48  $\mu\text{m}$ , mayor a la encontrada en la rama con 619,64  $\mu\text{m}$  y en la raíz 769,60  $\mu\text{m}$ , con paredes de espesor mediano. No se evidenciaron engrosamientos helicoidales. Lo que contrasta con resultados de Richter y Dallwitz (2000) quienes señalan que en otras especies del género las fibras presentan paredes medianas, y su longitud se muestra en un rango de: 1809–2475  $\mu\text{m}$ ., con engrosamientos en espiral. Según Metcalfe y Chalk (1950), en la familia Aquifoliaceae se encuentran fibras con punteaduras claramente bordeadas y engrosamientos helicoidales.

### Cristales prismáticos

Otra de las características relevantes de *I. guayusa* es la presencia de inclusiones minerales como cristales prismáticos en células de radio cuadradas, procumbentes y de parénquima presentes en el tronco y ramas, sin embargo, en el caso de la raíz se los encontró de manera variable en las fibras, información

que contrasta con la expuesta por Richter y Dallwitz (2000), quienes señalan que el género presenta cristales prismáticos, localizados en células procumbentes de los radios, de forma solitaria por célula o cámara. Sin presencia de sílice.

Baas (1973) por su parte menciona que, de las especies estudiadas del género *Ilex* por lo general las que se desarrollan en los trópicos poseen cristales, los mismos que se encuentran solitarios fragmentados. También se evidenció en *I. guayusa* drusas en el tronco, específicamente en el parénquima y no se encontraron de cuerpos de sílice. Richter (1980) indica que la presencia de cristales y compuestos silíceos son el resultado del exceso de materiales inorgánicos que se depositan en los tejidos de las plantas, estos compuestos principalmente se tratan de sales de calcio y dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>), los primeros formando cristales en la madera que con mayor frecuencia se ubican en los radios, en las células del parénquima axial, en fibras y vasos.

Estas inclusiones minerales desempeñan una función importante, pero principalmente son de valor diagnóstico y de importancia taxonómica en anatomía de la madera.

Según Wheeler y Baas (1998), no solo existe una variabilidad considerable cuando se comparan diferentes individuos de la misma especie de distintas zonas, por el contrario, también existe una variación de datos anatómicos en la madera a causa de la posición de la muestra en el árbol (raíz, tronco, rama, albura, duramen) o la edad del material a analizar.

Además, Wheeler y Baas (1998), señalan que la madera del tronco y la madera de la raíz a menudo difieren en características cuantitativas (diámetros y longitudes celulares) y cualitativas (abundancia y distribución del parénquima, porosidad, tipo de radio). Esto con la finalidad de llevar a cabo una función específica con relación a las condiciones ambientales presentes. Cluter (1976) indica que, la anatomía de la madera de la raíz parece presentar una variabilidad frecuentemente más extrema. Lo cual puede encontrarse influenciado por factores adicionales como compactación del suelo, inundación, variabilidad en la composición de la atmósfera del suelo, entre otros; lo que no sucede en las partes aéreas del árbol (tronco y rama).

## CONCLUSIONES

El presente estudio, permitió concluir que la anatomía de la madera de *Ilex guayusa* Loes. presentó poca variación al establecer comparaciones entre las tres partes del individuo (tronco, rama y raíz), las principales características fueron los anillos de crecimiento poco visibles, poros difusos, vasos con un perfil angular; placas de perforación escalariformes con 20-40 barras, punteaduras intervasculares y escalariformes, parénquima axial apotraqueal difuso en agregados, radios con células procumbentes y verticales o cuadradas. Además, se evidenció una principal diferencia en cuanto a la presencia de cristales prismáticos en fibras de la raíz y drusas en el parénquima del tronco, constituyéndose en una característica importante para la identificación de la especie.

Las características microscópicas cuantitativas presentaron diferencias considerables en las tres partes del árbol, en cuanto al diámetro medio tangencial del lumen del vaso, la madera del tronco presentó el mayor valor, seguido por el de la raíz y rama. Mientras más grande sea el diámetro de lumen un mayor flujo de agua y minerales se transportará. La longitud media de vasos fue mayor en la rama y menor en la raíz, estos resultados se explican relacionando las características morfológicas y funciones es-

pecíficas que cada parte del árbol ejecuta. La posición vertical del tronco y su función de conducción dan paso a vasos más largos de lumen ancho. En tanto que la raíz, al situarse dentro de la tierra, bajo condiciones ambientales específicas presentó vasos más cortos de lumen más pequeño para asegurar el transporte de nutrientes hacia toda la planta.

La identificación de las características microscópicas tanto cualitativas como cuantitativas de la madera, permiten establecer una relación con los resultados obtenidos de propiedades físicas, como el contenido de humedad, densidad en verde, anhidra, en equilibrio y básica, las mismas que presentaron diferencias significativas entre el tronco, rama y raíz principal; únicamente la contracción volumétrica fue similar en las tres partes del árbol.

## ■ AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal Bryan Merino y Loida Luzuriaga por su colaboración en la preparación de muestras anatómicas, así mismo al Sr. Teófilo Zhiñin y Sra. Teresa Quezada, propietarios de bosques en Guayzimi, quienes facilitaron la extracción de muestras de los individuos de *Ilex guayusa* Loes para esta investigación. Además, un agradecimiento muy especial al proyecto de investigación: “Impacto de las variaciones climáticas en la fijación de carbono en ecosistemas forestales al sur de Ecuador”.

## ■ BIBLIOGRAFIA

- AEIM. (2016 - 2019). Promoviendo la madera para un mundo más sostenible y saludable. España. Asociación del comercio e industria de la madera. Recuperado de <http://www.aeim.org/index.php/clasificacion-de-maderas-comerciales-segun-sus-caracteristicas/>
- Alvarado, E. (2016). Guía Técnica del cultivo de la guayusa. Quito, Ecuador: Brandipity 2016.
- Angulo, A. F., Rosero, R. A., y González, M. S. (2012). Estudio etnobotánico de las plantas medicinales utilizadas por los habitantes del corregimiento de Genoy, Municipio de Pasto, Colombia Ethnobotanical. *Universidad y Salud*, 14(2), 18.
- Arias-Toledo, B., Galetto, L., y Colantonio, S. (2007). Uso de plantas medicinales y alimenticias segun características socioculturales en Villa Los Aromos (Cordoba, Argentina). *Kurtziana*, 33(1), 1–11.
- Baas, P. (1973). The wood anatomical range in *Ilex* (*Aquifoliaceae*) and its ecological and phylogenetic significance. *Blumea - Biodiversity, evolution and Biogeography of plants*, 21, 193–260. Recuperado de <https://www.repository.naturalis.nl/document/565651>
- Canales, M., Hernández, T., Caballero, J., Romo, A., Durán, Á., y Lira, R. (2006). Análisis Cuantitativo Del Conocimiento Tradicional De Las Plantas Medicinales En San Rafael, Coxcatlán. *Acta Botanica Mexicana*, 43, 21–43. doi: <https://doi.org/10.21829/abm75.2006.1013>
- Castellanos-Camacho, L. I. (2011). Conocimiento etnobotánico, patrones de uso y manejo de plantas útiles en la cuenca del río Cane-iguaque (Boyacá-Colombia); una aproximación desde los sistemas de uso de la biodiversidad. *Ambiente y Sociedad*, 14(1), 45–75. doi: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2011000100004>

- Cutler, DF (1976). Variación en la anatomía de la madera de la raíz. *Leiden Botanical Series*, (3), 143-156. Recuperado de <https://www.repository.naturalis.nl/document/551109>
- De la Torre, L., Navarrete, H., Muriel, P., Macía, M. J., y Balslev, H. (2008). Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador. ( de la E. de C. B. de la P. U. C. del E. Herbario QCA y del D. de C. B. de la U. de A. Herbario AAU, Eds.). Quito, Ecuador.
- Espinoza, N., y León, W. (2001). Atlas para la identificación microscópica de maderas latifoliadas. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/44414857\\_Atlas\\_para\\_la\\_identificacion\\_microscopica\\_de\\_maderas\\_latifoliadas\\_Narcisana\\_Espinoza\\_de\\_Pernia\\_Williams\\_J\\_Leon\\_H](https://www.researchgate.net/publication/44414857_Atlas_para_la_identificacion_microscopica_de_maderas_latifoliadas_Narcisana_Espinoza_de_Pernia_Williams_J_Leon_H)
- Feijoo, C. E., Ramón, D. D., y Cofrep-Pucha, D. (2018). Guía para cortes anatómicos de la madera. (A. y de R. N. R. Facultad, de I. Carrera, y de A. de M. T. Laboratorio, Eds.). Loja.
- Hernández-Ramos, M., Ávila-Bello, C., y Morales-Mávil, J. (2007). Etnobotánica y Ecología de plantas utilizadas por tres curanderos contra la mordedura de serpiente en la región de Acayucan, Veracruz, México. *Etnobotánica y Botánica Económica*, 81, 89–100.
- Jácome, I., Tanchima, V., Santi, P., y Vargas, C. (2012). Etnozoología quichua para la conservación de los mamíferos ungulados en la Amazonía central del Ecuador provincia Pastaza. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 2(3), 172–185. doi: <https://doi.org/10.1002/bit.26931>. This
- Jørgensen, PM, y León-Yáñez, S. (1999). Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador (Vol. 75, pp. 1-1182). San Luis: Jardín Botánico de Missouri.
- Lalama, J., Montes, S., y Zaldumbide, M. A. (2016). Etnobotánica de plantas medicinales en el cantón Tena , para contribuir al conocimiento , conservación y valoración de la diversidad vegetal de la región amazónica Ethnobotany of medicinal plants in the canton Tena , to contribute to the knowledge , conse. *Dominio de Las Ciencias*, 2, 26–48.
- León, W. (2010). Anatomía y densidad o peso específico de la madera. *Revista forestal venezolana*. Vol 4(1). 67-76
- León, W., y Espinoza de Pernia, N. (2001). Anatomía de la madera. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Williams\\_Leon/publication/44368335\\_Anatomia\\_de\\_la\\_madera\\_Williams\\_Jose\\_Leon\\_Hernandez\\_Narcisana\\_Espinoza\\_de\\_Pernia/links/5694272e08ae820ff072b78c/Anatomia-de-la-madera-W](https://www.researchgate.net/profile/Williams_Leon/publication/44368335_Anatomia_de_la_madera_Williams_Jose_Leon_Hernandez_Narcisana_Espinoza_de_Pernia/links/5694272e08ae820ff072b78c/Anatomia-de-la-madera-W)
- Luna-Morales. (2015). Ciencia, conocimiento tradicional y etnobotánica. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. doi: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Mc Donald, S., Bruces, G y Wiemann, M. (1995). Wood specific gravity and anatomy in *Heliocarpus appendiculatus* (Tiliaceae). *Amer. J. Bot.* 82: 855-861.
- Menseguez, P., Galetto, L., y Anton, A. M. (2007). El uso de plantas medicinales en la población campesina de El Puesto ( Córdoba , Argentina ). *Kurtziana*, 33(1), 89–102.
- Metcalf, C. R., y Chalk, L. (1950). Anatomy of the Dicotyledons. Recuperado de <http://krishikosh.egranth.ac.in/bitstream/1/2025856/1/BPT9874.pdf>
- Richter, H. (1980). Occurrence, morphology and taxonomic implications of crystalline and siliceous inclusions in the secondary xylem of the Lauraceae and related families. *Wood science and technology*, 14, 35 -44.

- Richter, H., y Dallwitz, M. (2000). Maderas comerciales: descripciones, ilustraciones, identificación e información. Recuperado de <http://www.delta-intkey.com/wood/es/index.htm>
- Schultes, R. E. (1972). *Ilex guayusa* from 500 A.D. to the present. *ETNOLOGISKA STUDIER*, 32, 115–138.
- Toledo, B. A., Trillo, C., y Grilli, M. (2010). Uso de plantas medicinales en relación al estado de conservación del bosque en Córdoba, Argentina. *Ecologia Austral*, 20(3), 235–246.
- Townsend, W. R. (2003). La fauna silvestre y los pueblos indígenas: juntos en el tiempo pero con un futuro incierto. In Polanco-Ochoa (Ed.), *Manejo de fauna silvestre en Amazonía y Latinoamérica: selección de trabajos V Congreso Internacional* (Fundación, pp. 317–324). Bogotá, Colombia.
- Uzendoski, M. A. (2015). Los saberes ancestrales en la era del antropoceno: hacia una teoría de textualidad alternativa de los pueblos originarios de la amazonia. *Revista Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Investigation*, 17(1), 1-16. doi: <https://doi.org/10.18271/ria.2015.91>
- Vignote, S., y Martínez, I. (2006). *Tecnología de la madera*. (3.a ed.). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. Recuperado de: <https://books.google.com.ec/books>
- Wheeler, E. A., Baas, P., y Gasson, P. E. (2016). IAWA List of Microscopic Bark Features. *IAWA Journal*, 37(4), 517–615. doi: <https://doi.org/10.1163/22941932-20160151>
- Wheeler, E. y Baas, P. (1998). Wood identification - A review. *IAWA Journal*. Vol. 19(3): 241-264.
- Zambrano-Intriago, L. F., Buenaño-Allauca, M. P., Mancera-Rodríguez, N. J., y Jiménez-Romero, E. (2015). Estudio etnobotánico de plantas medicinales utilizadas por los habitantes del área rural de la Parroquia San Carlos, Quevedo, Ecuador. *Universidad y Salud*, (July), 97–111.