

Variabilidad anatómica de la madera en cuatro especies forestales de diferentes procedencias al sur del Ecuador

Anatomical variability of wood in four forest species of different provenances south of Ecuador

Barrera-Jiménez Estefanía^{1*},
Castro-Veintimilla Josué¹,
Muñoz-Chamba Darwin¹,
Pucha-Cofrep Darwin^{1,2}

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

² Laboratorio de Anatomía de Maderas Tropicales, Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador

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

Recibido: 19/09/2018

Aprobado: 05/12/2018

RESUMEN

El estudio muestra la variabilidad anatómica de *Alnus acuminata* Kunth., *Cedrela odorata* L., *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose., y *Jacaranda sparrei* A. H. Gentry, especies nativas de la zona sur de Ecuador con alta importancia tanto económica como cultural. El objetivo fue identificar si existen diferencias anatómicas entre individuos de la misma especie, y determinar cómo influyen las condiciones del sitio sobre sus características microscópicas. Para la determinación de estas características anatómicas se realizaron tres cortes micrométricos en los planos radial, tangencial, y transversal de cubos de madera de 1cm, luego los cortes fueron tinturados con Astrablue y Safranina para la diferenciación de tejidos, y finalmente sellados con Bálsamo de Canadá. Las características anatómicas se caracterizaron en base a la nomenclatura IAWA. Los resultados mostraron que todas las especies tienen características anatómicas similares independientemente del sitio donde crecieron. Sin embargo, *Alnus acuminata* Kunth mostró diferencias en las placas de perforación y punteaduras, *Cedrela odorata* L. en la disposición y cantidad de vasos, y *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose., y *Jacaranda sparrei* A. H. Gentry en el número de vasos. Por lo tanto, la procedencia y las condiciones de sitio únicamente influyen en el número y disposición de las placas de perforación, punteaduras, y vasos.

Palabras clave: Anatomía de la madera, *Alnus*, *Cedrela*, *Handroanthus*, *Jacaranda*

ABSTRACT

The study shows the anatomical variability of *Alnus acuminata* Kunth., *Cedrela odorata* L., *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose., and *Jacaranda sparrei* A. H. Gentry native species of the southern zone of Ecuador with high economic and cultural importance. The objective was to identify if there are anatomical differences between individuals of the same species, and to determine how the conditions of the site influence their microscopic characteristics. To determine these anatomical characteristics, three micrometric cuts were made in the radial, tangential, and transversal planes of 1 cm wooden cubes, then the sections were dye with Astrablue and Safranina for tissue differentiation, and finally sealed with Balsam from Canada. The anatomical characteristics were characterized based on the IAWA nomenclature. The results showed that all species have similar anatomical characteristics regardless of where they grew. However, *Alnus acuminata* Kunth showed differences in perforation plaques and pits, *Cedrela odorata* L. in the arrangement and quantity of vessels, and *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose., y *Jacaranda sparrei* A. H. Gentry in the number of vessels. Therefore, provenance and site conditions only influence the number and arrangement of perforation plaques, pits, and vessels.

Keywords: Wood anatomy, *Alnus*, *Cedrela*, *Handroanthus*, *Jacaranda*

INTRODUCCIÓN

La biodiversidad en Ecuador constituye un patrimonio natural para la humanidad, si bien la extensión territorial de nuestro país es relativamente pequeña, Ecuador es un país privilegiado por contar con distintos factores biológicos determinados por su ubicación geográfica que genera recursos aprovechables para sustentar la exuberante variedad de especies forestales (Boada, 2003). La región sur de Ecuador se caracteriza por poseer factores meteorológicos que propician el ambiente necesario para el desarrollo de gran cantidad de especies arbóreas (Richter y Moreira, 2005), de las que aún no se tiene un vasto conocimiento referente a su estructura anatómica y a los cambios que ocurren dentro de cada especie. Por esta razón y ante el deterioro de sus ecosistemas por actividades extractivas y cambios en el uso del suelo, la identificación y caracterización anatómica de las maderas del bosque significa una gran contribución en esta área de las ciencias forestales (Grande y Polanco, 2007).

La madera es un material biológico de origen vegetal que forma parte del tronco de los árboles y su función es transportar agua y sustancias nutritivas del suelo hacia las hojas, da soporte a las ramas que forman la copa y fija las sustancias de reserva almacenando los productos transformados en sus hojas. La anatomía de madera es la rama de la biología que estudia el xilema, leño o madera con el fin de conocerla internamente y darle un uso correcto, identificar sus cambios de acuerdo a las condiciones climáticas y de sitio, prever el comportamiento del leño en procesos industriales y evaluar la aptitud tecnológica de la madera (Giménez *et al.*, 2005). La caracterización anatómica de la madera de una especie constituye el punto de partida para diversas investigaciones, que conlleven por ejemplo, a conocer el funcionamiento de los organismos vegetales, su comportamiento asociativo y su relación con el ambiente. La investigación de las características microscópicas es importante para elaborar claves de identificación que faciliten el reconocimiento de las especies, este tipo de estudios pretende contribuir a los conocimientos tecnológicos de las maderas tropicales, con el fin de propiciar el máximo

aprovechamiento de las mismas (Poma, 1973). El presente artículo está encaminado a identificar si existen diferencias anatómicas en individuos de una misma especie creciendo en distintas procedencias y condiciones de sitio. Este estudio investigó cuatro especies forestales: *Cedrela odorata* Kunth., *Cedrela odorata* L., *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose y *Jacaranda sparrei* A. H. Gentry. de gran importancia para la provincia de Loja y el sur de Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio y selección de especies.

El estudio se realizó en la provincia de Loja en los sectores Vilcabamba, El Tambo, Cajanuma, Urdaneta, vía Loja-Zamora, Sozoranga y Cariamanga (Figura 1). Se seleccionó cuatro especies forestales: *Alnus acuminata* Kunth, *Cedrela odorata* L., *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose. y *Jacaranda sparrei* A. H. Gentry. Las cuales fueron escogidas por ser representativas de cada sector. Este estudio se desarrolló en el laboratorio de Dendrocronología y Anatomía de Maderas Tropicales de la Universidad Nacional de Loja. Para la selección de los individuos se tomó en consideración que cada uno tenga un buen estado fitosanitario y el fuste recto con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 5cm (Tabla 1).

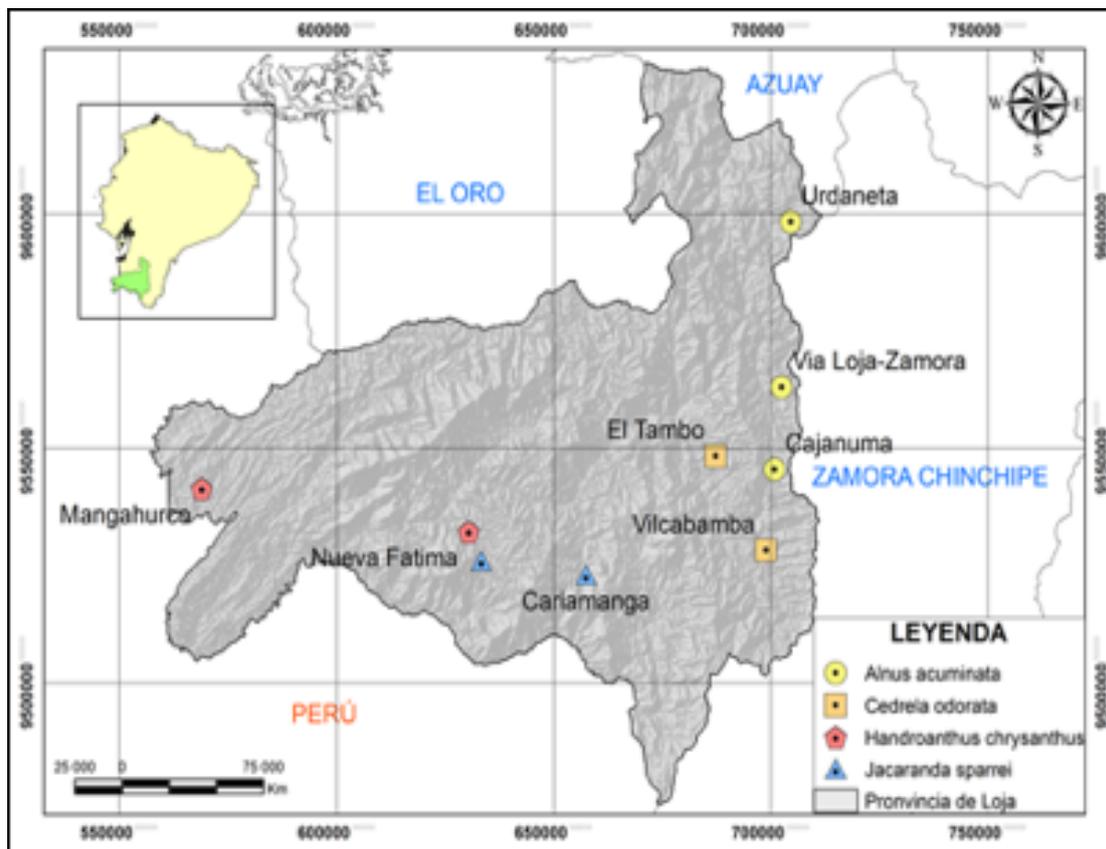


Figura 1. Mapa de ubicación de los sitios de muestreo donde cada símbolo representa una especie forestal

Tabla 1. Taxonomía y procedencia de las especies en estudio

Familia	Nombre científico	Nombre común	Procedencia	DAP (cm)	Altura total (m)
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	Cajanuma	17,5	10
			Vía Loja-Zamora	18,78	6
			Urdaneta	18,46	6
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	El Tambo	21,65	16
			Vilcabamba	87	20,3
Bignoniaceae	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O. Grose.	Guayacán	Mangahurco	47,59	13
			Sozoranga	9,8	5
			<i>Jacaranda sparrei</i> A. H. Gentry.	Arabisco	Sozoranga
Cariamanga	54,43	14			

Cortes micrométricos

Para la toma de muestras en campo se cortó una probeta de madera de 1m de largo con ayuda de una sierra. Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Dendrocronología y Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional de Loja y se extrajo cinco cubos de 1cm³ de los cuales se obtuvo 9 láminas de 20um de espesor en sus tres planos (tangencial, radial y transversal) con ayuda de un micrótopo GSL1/WSL. Las láminas de madera fueron colocadas en un porta-objetos para ser revisadas en el microscopio y así seleccionar los mejores cortes para la tinturación. A cada corte se colocó Astrablue dejando reposar de 10 a 15 minutos. Posteriormente con ayuda de una pipeta se lavó las muestras con alcohol en diferentes concentraciones (50%, 95% y 96%) para quitar el exceso de Astrablue. Con un microscopio Olympus BX41TF y el software Software Infinity Analyze v5 se tomó fotografías digitales de cada corte en sus diferentes planos y con diferentes objetivos (4X, 10X y 20X) con la finalidad de observar con mayor facilidad las características microscópicas establecidas según la nomenclatura de la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera IAWA como anillos de crecimiento, vasos, placas de perforación, punteaduras, tilosis, parénquima y radios.

■ RESULTADOS

Alnus acuminata Kunth.

Los individuos de los tres sectores presentaron características en común como: anillos de crecimiento visibles, madera con porosidad difusa, vasos arreglados en hileras radiales; los elementos del vaso miden entre 350-800um, con placas de perforación escaliformes (dos individuos) o simples (un individuo) y punteaduras intervasculares opuestas (dos individuos) o poligonales alternas (un individuo). El parénquima axial ausente y apotraqueal difuso, formado por hebras de 5-8 (dos individuos) y 3-4 (un individuo). Los radios son uniseriados de 1-3 series, formados por células procumbentes. Por otra parte en la cantidad de vasos presentes en un milímetro cuadrado, se pudo evidenciar que no hay diferencia significativa a nivel de sitios, los tres individuos presentaron una media entre 30 y 40 vasos, pero, se logró ver variación entre duramen y albura de cada individuo (Figura 2 y Tabla 2).

Elemento anatómico	Cajanuma	Zamora	Urdaneta
Anillos de crecimiento y poros			
Placas de perforación			
Punteaduras			
Parénquima			
Radios			
Composición celular de radios			

Figura 2. Elementos anatómicos de *Alnus acuminata* Kunth

***Cedrela odorata* L.**

Los dos individuos presentaron características semejantes como anillos de crecimiento visibles, madera con porosidad difusa, vasos arreglados en hileras radiales o diagonales. Los elementos del vaso tienen una longitud de $\leq 350\mu\text{m}$, presentan gomas y las placas de perforación son simples con punteaduras intervasculares alternas. El parénquima axial difuso y paratraqueal vasicéntrico, formados por hebras de 3-4 células. Los radios son de distintos tamaños de 1-3 series formados por células procumbentes con una sola fila de células verticales y cuadradas marginales. Así mismo, en el conteo de vasos se logró visualizar que existe variación entre albura y duramen, pero no existen diferencias significativas en los valores de media de los sitios de estudio (Figura 3 y Tabla 2).

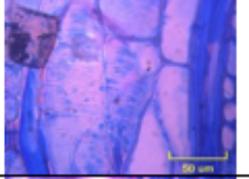
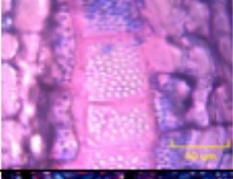
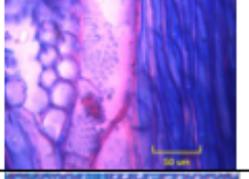
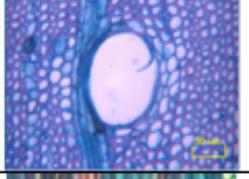
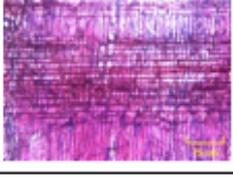
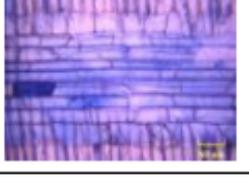
Elemento anatómico	Vilcabamba	El Tambo
Anillos de crecimiento y poros		
Placas de perforación		
Punteaduras		
Parénquima		
Radios		
Composición celular de radios		

Figura 3. Elementos anatómicos de *Cedrela odorata* L.

***Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose.**

Los dos individuos presentaron características similares en donde se evidencia que presentan anillos de crecimiento visibles con poros difusos, vasos arreglados en bandas tangenciales, patrones radiales y diagonales. Los elementos del vaso miden 350µm o más, con placas de perforación simples y punteaduras poligonales alternas. El parénquima paratraqueal axial vasicéntrico y confluyente. Los radios son uniseriados de una a tres series, formados por células procumbentes. Los valores obtenidos en el conteo de vasos mostraron una variación mínima respecto al número de vasos, siendo el individuo procedente de Mangahurco el que presentó mayores valores (Figura 4 y Tabla 2).

Elemento anatómico	Sozoranga	Mangahurco
Anillos de crecimiento, y poros		
Placas de perforación		
Punteaduras		
Parénquima		
Radios		
Composición celular de radios		

Figura 4. Elementos anatómicos de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose.

***Jacaranda sparrei* A. H. Gentry.**

Se analizó el duramen de los dos individuos en donde se evidenció que poseen características en común, en las que se destacaron: anillos de crecimiento poco visibles con poros difusos, los vasos están arreglados en bandas tangenciales. Los elementos del vaso midieron 350µm o más, con placas de perforación simples y punteaduras poligonales alternas. El parénquima paratraqueal axial vasicéntrico y confluyente, formado por hebras con más de tres células. Los radios son uniseriados de una a tres series, formados por células procumbentes. Los valores obtenidos en el conteo de vasos mostraron una variación considerable respecto al número de vasos, siendo el individuo procedente de Cariamanga el que presentó mayores valores (Figura 5 y Tabla 2).

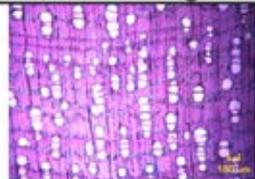
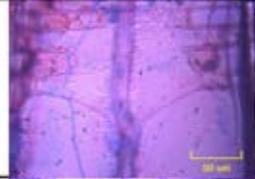
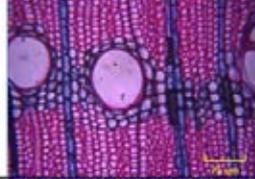
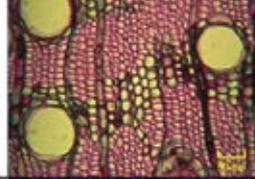
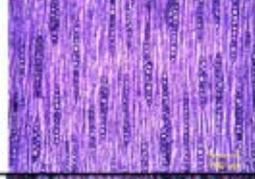
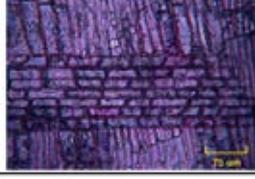
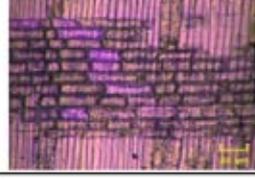
Elemento anatómico	Sozoranga	Cariamanga
Anillos de crecimiento, y poros		
Placas de perforación		
Punteaduras		
Parénquima		
Radios		
Composición celular de radios		

Figura 5. Elementos anatómicos de *Jacaranda sparrei* A. H. Gentry.

Tabla 2. Características anatómicas de *Alnus acuminata*, *Cedrela odorata*, *Handroanthus chrysanthus*, y *Jacaranda sparrrei*

Especie y sitio	<i>Alnus acuminata</i>			<i>Cedrela odorata</i>		<i>Handroanthus chrysanthus</i>		<i>Jacaranda sparrrei</i>	
	Cajanuma	Loja-Zamora	Urdaneta	Vicabamba	El Tambo	Sozoranga	Mangahurco	Sozoranga	Cariamanga
Anillos de crecimiento visibles	X	X	X	X	X	X	X		
Anillos de crecimiento poco visibles o ausentes								X	X
Anillos con poros difusos	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vasos (poros) en bandas tangenciales							X	X	X
Vasos (poros) en patrones radiales o diagonales	X	X	X	X	X	X	X		
Vasos (poros) exclusivamente solitarios (90% o más)					X				
Vasos (poros) en grupos radiales de 4 o más		X				X	X	X	X
Vasos (poros) en grupos comunes (de 3 o más vasos)	X		X	X					
Placas de perforación simples			X	X	X	X	X	X	X
Placas de perforación escaliformes	X	X							
Punteaduras intervasculares opuestas		X	X						
Punteaduras intervasculares alternas	X			X	X				
Forma de Punteaduras poligonales alternas	X					X	X	X	X
Tamaño de Punteaduras Pequeño - 4-7µm	X(D-A)	X(D-A)	X(D)	X(D-A)	X(D-A)	X(D)		X(D)	X(D)
Medio 7-10µm						X(A)	X(D-A)		
Punteaduras vasos-radios con distintos bordes	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5-20 vasos por milímetro cuadrado				X(D-A)	X(D-A)			X(D)	
20-40 vasos por milímetro cuadrado	X(D-A)	X(D-A)	X(D-A)						X(D)
40-100 vasos por milímetro cuadrado						X(D-A)			
≥ 100 vasos por milímetro cuadrado							X(D-A)		
Media vasos	D=31 A=41	D=40 A=35	D=48,2 A=29,6	D=9,30 A=6,15	D=7,6 A=5,9	D=84 A=90,9	D=93,7 A=104	D=17,7	D=28,9

Barrera-Jiménez, E., Castro-Veintimilla, J., Muñoz-Chamba, D. y Pucha-Cofrep, D. (2018) Variabilidad anatómica de la madera en cuatro especies forestales de diferentes procedencias al sur del Ecuador, *Bosques Latitud Cero*, 8(2), 16-29

Especie y sitio	<i>Alnus acuminata</i>			<i>Cedrela odorata</i>		<i>Handroanthus chrysanthus</i>		<i>Jacaranda sparrei</i>	
	Cajamarca	Loja-Zamora	Urdaneta	Vilcabamba	El Tambo	Sozoranga	Mangahurco	Sozoranga	Cariamanga
Longitud de vasos $\leq 350\mu\text{m}$				X(D-A)	X(D-A)	X(D-A)	X(D-A)	X(D)	X(D)
Longitud de vasos 350-800 μm	X(D-A)	X(D-A)	X(D-A)						
Media longitud de vasos μm	D=365 A=407	D=410 A=427	D=562 A=365	D=348 A=284	D=271 A=295	D=91 A=129	D=158 A=166	D=259,9	D=225,2
Gomas y otros depósitos en vasos del duramen				X					
Fibras de pared delgada a gruesa						X	X		
Fibras de pared muy fina				X	X				
Parénquima axial difuso				X	X				
Parénquima axial vasicéntrico (paratraqueal)				X	X	X	X	X	X
Parénquima axial confluyente						X	X	X	X
Parénquima axial en bandas finas o líneas de hasta tres células de ancho						X		X	X
Parénquima axial reticulado							X		
Parénquima axial ausente o extremadamente raro.	X	X	X						
Parénquima axial difuso (apotraqueal)	X	X	X						
Células de parénquima fusiforme	X		X				X	X	X
Cuatro (3-4) células por hebra de parénquima	X			X	X				
Ocho (5-8) células por hebra de parénquima		X	X			X			
Radios exclusivamente uniseriados	X	X	X					X	X
Radios con ancho de 1 a 3 series	X	X	X	X	X	X	X		
Radios de dos tamaños distintos				X	X				
Células procumbentes y una sola fila de células verticales y/o cuerdas marginales				X	X				
Todas las células procumbentes	X	X	X			X	X	X	X

D = Duramen, A = Albura

■ DISCUSIÓN

Alnus acuminata Kunth.

De acuerdo a este estudio *Alnus acuminata* en las tres procedencias posee características como anillos de crecimiento visibles con porosidad difusa, resultados que concuerdan con Armijos *et al.*, (2017), debido a que los individuos muestreados en ambas investigaciones son procedentes de sectores cercanos a la ciudad de Loja, es decir, se han desarrollado bajo las mismas condiciones ambientales. Los elementos del vaso son numerosos presentando una media entre 30-40 vasos con una longitud entre 350-800 μm , mientras que en un estudio realizado por Acosta (1967) para *Alnus acuminata* manifiesta que los vasos son poco numerosos entre 7-16 vasos y pequeños con una media de 94 μm .

Por otra parte los vasos se encuentran arreglados en hileras radiales, las placas de perforación escaliformes y punteaduras intervasculares (dos individuos); placas de perforación simples y punteaduras alternas (un individuo), semejante a un estudio de Quintanar *et al.*, (1996), que menciona que las placas de perforación para esta especie son escaliformes y las punteaduras son aeroladas opuestas de forma angular. Así mismo, Huarcaya (2016) manifiesta que *Alnus acuminata* posee placas de perforación escaliformes con punteaduras intervasculares alternas. En cuanto a lo obtenido sobre parénquima axial y radios, los resultados concuerdan con el estudio de Huarcaya (2016) y el estudio de Aguila y Barajas (2005).

Cedrela odorata L.

Las características de los dos individuos, son muy semejantes a pesar de ser muestras de sitios diferentes. Las diferencias que presentan son que el individuo del Sector el Tambo presentó vasos exclusivamente solitarios y el individuo del sector Vilcabamba posee vasos en grupos comunes de 3 o más; en cuanto a la cantidad de vasos, el individuo del sector Vilcabamba presentó mayor cantidad tanto en duramen ($\bar{x} = 9,30$) como en albura ($\bar{x} = 6,15$); en cuanto a longitud de vasos, el individuo del sector Vilcabamba presentó mayor cantidad en duramen ($\bar{x} = 348,03$), mientras que el individuo del sector El Tambo presentó mayor cantidad en albura ($\bar{x} = 295,24$).

De acuerdo a este estudio, la especie *Cedrela odorata* de ambos sectores, presenta anillos de crecimiento visibles y poros difusos, lo que concuerda con el estudio de León (2009), en el que observó anillos claramente definidos y porosidad circular. Esto es debido a su naturaleza caducifolia anual. La presencia de poros solitarios, arreglados en patrones radiales, parénquima axial difuso y axial vasicéntrico, coincide con el estudio de Maza (2010), este conjunto de características semejantes entre ambos estudios, se debe a que los individuos fueron colectados en la provincia de Loja, es decir, las condiciones en las que se desarrollaron fueron similares.

Los individuos de ambos sectores presentan punteaduras intervasculares alternas pequeñas 4-7 μm que coincide con el estudio de León (2009), debido a que los individuos provienen de bosques andinos, en donde, existe una precipitación media que limita el tamaño de las punteaduras, ya que sirven para el transporte de agua.

Handroanthus chrysanthus (Jacq.) S.O.Grose.

Las características anatómicas observadas en los cortes tangenciales, transversales y radiales permiten identificar que los dos individuos de *Handroanthus chrysanthus*, poseen anillos de crecimiento visibles con poros difusos, sus vasos están dispuestos en bandas tangenciales y patrones diagonales, posee grupos radiales de 4 o más, parénquima paratraqueal axial vasicéntrico, confluyente y en bandas finas de hasta 3 células de ancho; posee radios uniseriados con un ancho de 1 a 3 series y todas sus células procumbentes similar a los resultados obtenidos por León (2007). León (2015), en un estudio realizado en el género *Handroanthus*, menciona que este posee placas de perforación simples y punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, medianas, datos que se asemejan a lo encontrado en este estudio.

Jacaranda sparrei A. H. Gentry.

El análisis de las características anatómicas y microscópicas, registró para esta especie anillos de crecimiento poco visibles con poros difusos y dispuestos en bandas tangenciales. León (2007), en el estudio realizado en la familia Bignoniaceae, registra valores nulos en el género *Jacaranda* para la disposición de los poros, en cuanto al parénquima de la especie analizada en el presente estudio registra un parénquima axial vasicéntrico y confluyente en bandas con más de tres células de ancho o aparentemente marginales, en cuanto al tipo de células se registró células de parénquima fusiforme y radios exclusivamente uniseriados con todas sus células procumbentes, datos que concuerdan con el estudio realizado por (Jurado y Vargas, 1985; León, 2007). Así mismo se encontró que *Jacaranda sparrei* posee placas de perforación simples con punteaduras poligonales alternas, lo que concuerda con el estudio realizado en el género *Jacaranda* de León (2007).

■ CONCLUSIONES

La presente investigación permitió corroborar que aunque los individuos de las cuatro especies estudiadas se desarrollaron en diferentes sectores del sur de Ecuador tienen los mismos elementos anatómicos por lo que se trata de la misma especie, con mínimas variaciones en su estructura anatómica. Siendo el número de vasos y la forma o tamaño de sus punteaduras, las diferencias más recurrentes entre los individuos de las distintas procedencias.

Los individuos de *Alnus acuminata* ubicados en Cajanuma y la vía Loja – Zamora tienen placas de perforación escaliformes a diferencia del individuo que se muestreó en Urdaneta, el cual posee placas de perforación simples; respecto a las punteaduras de los individuos en Urdaneta y la vía Loja – Zamora son intervasculares opuestas, mientras que en Cajanuma el individuo posee punteaduras intervasculares alternas; los individuos de la vía Loja – Zamora y Urdaneta poseen de 5 a 8 células por hebra de parénquima mientras que el de Cajanuma solo posee de 3 a 4 células; el conteo de vasos presentes en un milímetro cuadrado fue similar para los tres individuos, con una media entre 30 y 40 vasos.

En el caso de *Cedrela odorata*, se obtuvo una única diferencia, donde, el individuo encontrado en Vilcabamba presenta vasos asociados en grupos comunes de 3 o 4, mientras que el individuo del Tambo posee vasos exclusivamente solitarios.

Respecto a *Handroanthus chrysanthus*, el individuo encontrado en Sozoranga posee un tamaño de punteaduras diferente en duramen (4-7) que en albura (7-10), por el contrario el individuo de Mangahurco tiene el mismo tamaño de punteaduras en duramen y albura (7-10); en el conteo de vasos presentan una mínima variación, siendo el individuo procedente de Mangahurco el que presenta mayores valores. *Jacaranda sparrei* también presenta diferencias en su estructura anatómica, la cantidad de vasos para el individuo de Sozoranga está en el rango de 5 a 20, mientras que el de Cariamanga posee entre 20 y 40 vasos.

Contribución de Autores

E.B, J.C., y D.M., realizaron el trabajo de campo, laboratorio, microscopía digital, identificación de las características anatómicas, análisis de datos y redacción del artículo. D.P, participó en la formulación y asesoramiento de la investigación, así como en la revisión, redacción y correcciones en la versión final del artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta I. (1967) Descripción anatómica, propiedades físicas y algunos usos de 25 maderas de Costa Rica (Tesis de posgrado). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de La OEA, Centro de Enseñanza e Investigación Turrialba, Costa Rica.
- Aguilar, S. y Barajas, J. (2005). Anatomía de la madera de especies arbóreas de un bosque mesófilo de montaña: un enfoque ecológico-evolutivo. *Redalyc*, 77:51-58
- Armijos, A., Alvarado, J., Quito, J., León, T., Guamán, L. y Pucha, D. (2017). Anatomía de la madera de diez especies forestales de bosque andino del sur de Ecuador. *CEDAMAZ*, 7: 83-95.
- Boada, C. (2003). Nuestra megadiversidad desconocida. *Tierra Incógnita*, 24.
- Grande Pulido, Diana Carolina; Polanco Tapia, César DESCRIPCIÓN ANATÓMICA DE LA MADERA DE CUARENTA ESPECIES DEL BOSQUE ALTO-ANDINO EN GUASCA, CUNDINAMARCA Colombia Forestal, vol. 10, núm. 20, diciembre, 2007, pp. 180-206 Universidad Distrital Francisco José de Caldas Bogotá, Colombia.
- Gimenez, A., Moglia, J., Hernández, P. y Gerez, R. (2005). Anatomía de la Madera. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- Huarcaya, R. (2016). Anatomía de los vasos de *Alnus acuminata* Kunth a diferentes altitudes, Huancayo-Junín. (Tesis de Grado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Jurado, N. y Vargas, A. (1985). Estructura anatómica y clave de identificación de 20 especies forestales de Iquitos (Perú). Iquitos, Perú: CEDINFOR
- León, W. (2007). Anatomía del Xilema secundario de diez especies de la familia Bignoniaceae de Venezuela. Caracas, Venezuela: Universidad de los Andes
- León, W. (2009). Anatomía de la madera y clave de identificación para especies forestales vedadas en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 50-51.

Barrera-Jiménez, E., Castro-Veintimilla, J., Muñoz-Chamba, D. y Pucha-Cofrep, D. (2018) Variabilidad anatómica de la madera en cuatro especies forestales de diferentes procedencias al sur del Ecuador, *Bosques Latitud Cero*, 8(2), 16-29

León, W. (2015). Anatomía de la madera de 87 especies de la reserva forestal Ticoporo (Barinas, Venezuela). *Pittieria* 39:107-169.

Maza, H. (2010). Anatomía macroscópica y algunas características físicas de siete especies maderables de pie de monte de la zona alta de la cuenca del río Puyango. *Ecología Forestal*, 100-103.

Poma, L. (1973). Descripción macroscópica y microscópica de 15 maderas de Ecuador y clave de identificación con tarjetas perforadas. (Tesis de grado). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA Centro Tropical de Enseñanza e Investigación Turrialba, Costa Rica.

Quintanar, A., Pérez, C., Laina, I. y Balcazar, D. (1996). Anatomía de la madera de ocho especies de angiospermas de clima templado, *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 58:5-14.