

Artículo de investigación

# Anatomía de la madera de diez especies forestales de bosque andino del sur del Ecuador

*Wood anatomy of ten tree species from Andean forest in southern Ecuador*

Andrés Armijos-Montaño\*

Jordy Alvarado-Chamba<sup>1</sup>

Jhulissa Quito-Torres<sup>1</sup>

Tania León-González<sup>1</sup>

Lourdes Guamán-Guamán<sup>1</sup>

Darwin Pucha-Cofrep<sup>1,2</sup>

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

2. Laboratorio de Dendrocronología y Anatomía de la Madera, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.

\* Autor para correspondencia: [ararmijosm@unl.edu.ec](mailto:ararmijosm@unl.edu.ec)

RECIBIDO: 08/08/2017

APROBADO: 23/10/2017

## RESUMEN

Los bosques andinos son ecosistemas forestales muy frágiles y con alta biodiversidad, pero al sur del Ecuador ya sólo existen remanentes boscosos. Por ello, es preciso realizar un óptimo aprovechamiento de la madera para garantizar su sostenibilidad. Conocer las características anatómicas de la madera es la base para estudios de trabajabilidad, aprovechamiento y manejo forestal. Por ello, este estudio pretende dar un aporte para llenar el vacío sobre estudios anatómicos de la madera en especies de bosque andino. Este estudio se llevó a cabo en tres bosques andinos al sur del Ecuador en los sectores La Argelia, cerro El Villonaco y San José-El Cisne del cantón Loja. Las especies analizadas fueron: *Cedrela montana*, *Clethra fimbriata*, *Gynoxys nitida*, *Juglans neotropica*, *Heliocarpus americanus*, *Poute-*

## ABSTRACT

The Andean Forests are very fragile ecosystems with high biodiversity, but at the moment in southern Ecuador there are only forest remnants. Therefore, it is necessary to make optimal use of the wood to ensure its sustainability. To know the anatomical characteristics of the wood is very important for studies of wood-working, harvesting and forest management. For this reason, this study aims to provide a contribution to fill the gap on wood anatomical studies of Andean forest species. Three Andean forests were taken into account for sampling in the sectors of La Argelia, Cerro El Villonaco, and San José-El Cisne in the canton of Loja. The analyzed species were: *Cedrela montana*, *Clethra fimbriata*, *Gynoxys nitida*, *Juglans neotropica*, *Heliocarpus americanus*, *Pouteria lucuma*, *Alnus acumina-*

*ria lucuma, Alnus acuminata, Oreocallis grandiflora, Eugenia orthostemon y Oreopanax rosei.* Para la descripción anatómica se realizó tres cortes micrométricos en sus planos radial, tangencial y transversal. La interpretación de las características anatómicas se basó en la nomenclatura IAWA. De los resultados obtenidos se concluyó que la madera en la mayoría de especies de bosque andino se caracteriza por tener parénquima axial (8 spp.), porosidad difusa (7 spp.), una combinación de vasos múltiples y solitarios (5 spp.) y ausencia de anillos de crecimiento (7 spp.). Además, las descripciones anatómicas de la madera de *Gynoxys nitida* y *Oreocallis grandiflora* se constituyen en los primeros reportes en bosques tropicales.

**Palabras clave:** Anatomía de la madera; Anillos de crecimiento; Bosque andino.

*ta, Oreocallis grandiflora, Eugenia orthostemon and Oreopanax rosei.* For the anatomical description, three micrometric cuts were made in their radial, tangential and transverse planes. The interpretation of anatomical characteristics was based on the IAWA nomenclature. The results showed that the wood in most species of Andean forests is characterized by having axial parenchyma (8 spp.), diffuse porosity (7 spp.), a combination of multiple and solitary vessels (5 spp.), and absence of tree-rings (7 spp.). In addition, the anatomical descriptions of the wood of *Gynoxys nitida* and *Oreocallis grandiflora* are the first reports in tropical forests.

**Keywords:** Wood anatomy; Tree-rings; Andean forest.

## ■ INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas vegetales del Ecuador se caracterizan por su gran biodiversidad, llegando a un total de 18198 especies de plantas vasculares, donde el 72% son nativas y el 27,3% son endémicas (Jørgensen & León-Yáñez, 1999). Parte de esta riqueza la constituyen sus ecosistemas forestales con alrededor de 5000 diferentes especies arbóreas (Ecuador Forestal, 2012). La región sur del Ecuador, además de su riqueza forestal, se caracteriza por su alta diversidad climática, biológica y multiétnica (Rollenbeck et al., 2006) que lo hacen un sitio único para el desarrollo de nuevas investigaciones. Los bosques andinos en especial son los ecosistemas más frágiles de esta región que han sufrido una destrucción acelerada ocasionando casi su desaparición total, por lo que al momento sólo quedan remanentes boscosos (Morochó & Romero, 2003). El principal impacto que se da en la actualidad y se ha venido dando desde tiempos históricos a las especies forestales es por el uso

de sus maderas. Cuando hablamos de madera estamos hablando del xilema de las plantas leñosas, que es la materia prima ampliamente usada como elemento básico para ebanistería, extracción de celulosa, estructuras, etc. La madera vista desde su aspecto fisiológico es la representación del carbono acumulado durante toda la vida del árbol (Zanne et al., 2009). Sin embargo, para garantizar la sostenibilidad de estos bosques, es preciso realizar un óptimo aprovechamiento de la madera proveniente de los mismos. Para ello, es necesario conocer las características anatómicas, propiedades físicas y mecánicas de la madera, y de esta forma dar soluciones para optimizar su uso, ya que actualmente el mercado exige maderas uniformes y de buena calidad, por lo que es esencial profundizar en el estudio de sus propiedades y estructura micro y macroscópica, ya que cada especie presenta características únicas (Cresppo, 2012).

A pesar de ello, en los bosques andinos se cuenta con información limitada o no existen-

te sobre la estructura anatómica, propiedades físicas, y propiedades tecnológicas de especies forestales. Así mismo, poco se conoce sobre la variabilidad en la estructura microscópica en especies nativas y exóticas, y las diferencias existentes por sus condiciones biogeográficas (Ganzhi, 2006). Este desconocimiento lleva al uso inadecuado (Paucar, 2010) y a una subutilización de la madera. Por ello, no existen al momento estudios que hayan identificado el verdadero uso potencial para cada especie forestal de acuerdo a sus características propias.

En zonas tropicales realizar estudios de anatomía de la madera es un gran reto por la alta complejidad para identificar las características microscópicas de la madera, y sobre todo por el alto número de especies existentes en estos ecosistemas forestales. El objetivo de esta investigación fue determinar las principales características anatómicas de la madera en su plano transversal, tangencial y radial en diez especies forestales comunes de bosque andino en el cantón Loja. Este estudio pretende ser un inicio y una base para llenar vacíos de información primaria en cuanto a anatomía de la madera destacando la identificación de los principales elementos en la madera como son vasos/poros, radios, parénquima y presencia de anillos de crecimiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio de estudio y selección de especies

El presente estudio se realizó en remanentes de bosques andinos al sur del Ecuador, en la provincia de Loja en los sectores El Villonaco, La Argelia y San José - El Cisne (Figura 1). Se seleccionaron en total diez especies forestales en diferentes sitios del cantón Loja entre un rango altitudinal de 2100 a 2700 msnm (ver detalles en la Tabla 1). Las especies muestreadas

fueron: *Cedrela montana* Moritz ex Turcz., *Clethra fimbriata* Kunth *Gynoxys nitida* Muschl., *Juglans neotropica* Diels, *Heliocarpus americanus* L., *Pouteria lucuma* (Ruiz & Pav.) Kuntze, *Alnus acuminata* Kunth, *Oreocallis grandiflora* (Lam.) R. Br., *Eugenia orthostemon* O. Berg, y *Oreopanax rosei* Harms. El criterio de selección de especies se basó en la accesibilidad del sitio y se tomó en cuenta las especies nativas más comunes de cada sector. Este estudio fue parte de las asignaturas de formación de la carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja, y se desarrolló en el laboratorio de Dendrocronología y Anatomía de la Madera.

Se seleccionó un individuo por cada especie, tomando en cuenta que tenga un buen estado sanitario y un fuste recto con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 15 cm. Complementariamente, se registró los valores de altura total, DAP, y su forma de vida (Tabla 1). La clasificación taxonómica se realizó de acuerdo a la nomenclatura W3 (<http://tropicos.org>).

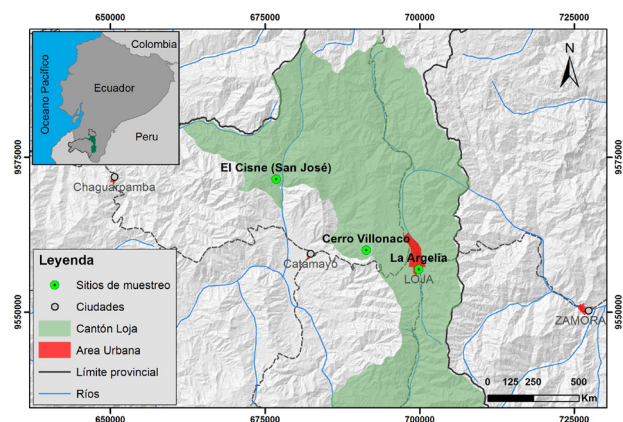


Figura 1. Mapa de ubicación indicando los sitios de muestreo del presente estudio.

### Cortes micrométricos

Para la toma de muestras se extrajo una sección de madera de 30 cm de largo y 10 cm

Tabla 3. Información general de las diez especies forestales en estudio.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Forma de vida	Sitio	DAP (cm)	HT (m)
Meliaceae	<i>Cedrela montana</i>	Cedro	Árbol	La Argelia	30	18
Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i>	Almizcle, Tulpai	Árbol	Cerro Villonaco	25	15
Asteraceae	<i>Gynoxys nitida</i>	Tunash	Árbol	Cerro Villonaco	5,2	3
Juglandaceae	<i>Juglans neotropica</i>	Nogal	Árbol	La Argelia	9,1	6,8
Malvaceae	<i>Heliocarpus americanus</i>	Balsilla	Árbol	San José, El Cisne	15	8
Sapotaceae	<i>Pouteria lucuma</i>	Luma	Árbol	La Argelia	15	6
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	Árbol	La Argelia	30	17
Proteaceae	<i>Oreocallis grandiflora</i>	Cucharillo	Arbusto	La Argelia	10	4
Myrtaceae	<i>Eugenia orthostemon</i>	Eugenia	Árbol	La Argelia	10	5
Araliaceae	<i>Oreopanax rosei</i>	Pumamaqui	Árbol	La Argelia	27	12

de ancho desde el tronco principal a 1,30 m del suelo con la ayuda de una sierra de arco manual. Posteriormente, se llevó las muestras al Laboratorio de Dendrocronología y Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional de Loja para su respectiva preparación. De cada muestra de madera se cortaron de tres a cinco cubos de 1 cm<sup>3</sup> y se obtuvieron finas láminas de madera de 20-30  $\mu$ m de ancho en sus tres planos (tangencial, transversal y radial) con la ayuda de un micrótopo GSL1 / WSL diseñado por Gärtner et al. (2014).

### Tinción de muestras

Los cortes de madera obtenidos con el micrótopo fueron colocados en un porta-objetos. Los cortes fueron revisados en el microscopio, y los mejores fueron seleccionados para la tinción. A cada corte se agregó azul de metileno y se dejó reposar de 2 a 5 minutos para que se concentre el tinte en la madera. Posteriormente con ayuda de una pipeta se lavó las muestras con tres diferentes concentraciones de alcohol (50%, 75% y 95%) para quitar el exceso del tinte y

el agua contenida en la madera. Seguidamente, las mismas muestras fueron tinturadas de color rojo con Safranina por un lapso de tiempo de 2 a 5 minutos y luego lavadas con diferentes concentraciones de alcohol. Los dos tintes ayudaron a identificar la celulosa (azul de metileno) y lignina (safranina) en cada muestra de madera. Luego, se colocó una gota de glicerina sobre cada corte para conservar la textura de la muestra y se colocó un cubre objetos con aditivo en sus extremos para sellar y almacenar la muestra. Con la ayuda de un microscopio Olympus BX41TF y a través del Software Infinity Analyze v5 se tomó varias fotografías digitales de cada corte en sus diferentes planos y con diferentes objetivos (de 4x a 20x) y se almacenaron en el ordenador del laboratorio de Dendrocronología y Anatomía de la Madera. Finalmente, se identificó en cada plano anatómico (transversal, tangencial y radial) las principales características microscópicas de la madera: vasos, parénquima, radios y presencia de anillos de crecimiento, siguiendo la nomenclatura de la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera IAWA (Wheeler & Gasson, 1989).

## RESULTADOS

Las especies de bosque andino se caracterizaron en su mayoría por tener una porosidad difusa (7 spp.), dos de ellas presentaron porosidad semicircular, y sólo una especie presentó porosidad circular. Tres especies presentaron vasos solitarios, dos presentaron vasos múltiples, y cinco presentaron ambos tipos de agrupación. Los radios fueron desde uniseriados hasta multiseriados de más de 10 series. El parénquima en la mayoría de especies se encontró como parénquima axial, y las células radiales fueron en su mayoría procumbentes, cuadradas y verticales. Los anillos de crecimiento no fueron visibles a excepción de dos especies que presentaron anillos de crecimiento bien definidos (ver Tabla 2 y Figuras 2-5).

### Poros/Vasos

En lo que se refiere a la forma de poros y agrupación de vasos, en las diez especies estudiadas se observó porosidad circular, semicircular y difusa, así como vasos solitarios (diagonal, angular y dendríticos), múltiples (dendríticos) o combinados (Figura 2). La mayoría de especies presentaron porosidad difusa, y en cuanto a la agrupación de vasos *Gynoxys nitida* fue la única especie que presentó vasos solitarios angulares (Tabla 2). Las especies *Cedrela montana* y *Juglans neotropica* presentaron porosidad semicircular, y una agrupación solitaria y múltiple en los poros. La especie *Eugenia orthostemon* fue singular ya que presentó porosidad solitaria dendrítica y difusa

### Radios

Respecto al tipo de radios vistos desde un corte tangencial, todas las especies estudiadas

presentaron radios múltiples que van desde 1 a más de 10 series (Figura 3). Tanto *Juglans neotropica* como *Pouteria lucuma* presentaron radios uniseriados (Figuras 3D-F) y sólo *Cedrela montana* registró radios biseriados (Figura 3A). Las demás especies presentaron radios que van desde triseriados a multiseriados (más de 10).

### Parénquima

En las especies analizadas se observó la presencia de parénquima en menor y mayor medida dependiendo de la especie. Se identificó parénquima axial de tipo paratraqueal y en bandas (Tabla 2, Figura 2). Las especies *Cedrela montana*, *Juglans neotropica* y *Eugenia orthostemon* presentaron parénquima axial en bandas. Las especies que tuvieron ausencia de parénquima fueron *Pouteria lucuma* y *Alnus acuminata*, y escaso en *Clethra finbriata*, *Gynoxys nitida*, *Heliocarpus americanus* y *Oreopanax rosei*.

### Células Radiales

Las células observadas en los radios se caracterizaron por ser en su mayoría procumbentes, seguidas de verticales (*Gynoxys nitida*, *Pouteria lucuma* y *Oreopanax rosei*) y cuadradas. Solamente la especie *Alnus acuminata* presentó células mixtas procumbentes.

### Anillos de crecimiento

Esta característica anatómica fue muy evidente en *Cedrela montana* y *Juglans neotropica* (Figura 5), las demás especies no presentaron anillos visibles a excepción de *Oreocallis grandiflora* la cual presentó falsos anillos formados por bandas entrecortadas de poros (Figura 2H). Los anillos de crecimiento fueron identificables sólo con el lente de 4x.

Tabla 3. Principales características anatómicas de diez especies forestales de bosque andino del cantón Loja.

Nombre científico	Forma de los poros	Agrupación de vasos	Radio	Parénquima	Células Radiales	Anillos de crecimiento
<i>Cedrela montana</i>	Porosidad semicircular	Solitarios y múltiples	Biseriados de 1 a 3 series de personas	Parénquima axial en bandas	Células procumbentes de 5 a más de 10 hileras	Visibles
<i>Clethra fimbriata</i>	Porosidad difusa	Solitarios angulares	Triseriados de 1 a 3 series de personas	Parénquima axial para-traqueal escaso	Células procumbentes, cuadradas y verticales	No visibles
<i>Gynoxys nitida</i>	Porosidad difusa	Solitarios angulares	Multiseriados de 4 a 10 series	Parénquima axial para-traqueal escaso	Células verticales	No visibles
<i>Juglans neotropica</i>	Porosidad semicircular	Solitarios y múltiples en diagonal	Uniseriados	Parénquima axial en finas bandas	Células procumbentes de 2 a 10 filas y verticales	Visibles
<i>Heliocarpus americanus</i>	Porosidad difusa	Solitarios y múltiples de 2	Multiseriados de 3 a 5 series	Parénquima axial escaso	Células procumbentes y cuadradas y verticales	No visibles
<i>Pouteria lucuma</i>	Porosidad difusa	Múltiples de 4 y más	Uniseriados de 5 a más células	Parénquima ausente	Células verticales y cuadradas	No visibles
<i>Alnus acuminata</i>	Porosidad difusa	Solitarios, múltiples de 4 y más	Seriados de 1 a 3 series	Parénquima ausente	Células mixtas procumbentes, y cuadradas	17
<i>Oreocallis grandiflora</i>	Porosidad circular	Múltiples	Multiseriados de más de 10 series	Parénquima axial para-traqueal	Células procumbentes	Anillos falsos
<i>Eugenia orthostemon</i>	Porosidad difusa	Solitarios dendríticos	Seriados de 1 a 3 series	Parénquima axial en bandas	Células procumbentes, cuadradas marginales, y verticales	No visibles
<i>Oreopanax rosei</i>	Porosidad difusa	Solitarios, múltiples de 4 o más	Multiseriados de 2 a 5 series	Parénquima axial escaso	Células procumbentes, verticales y cuadradas marginales	No visibles

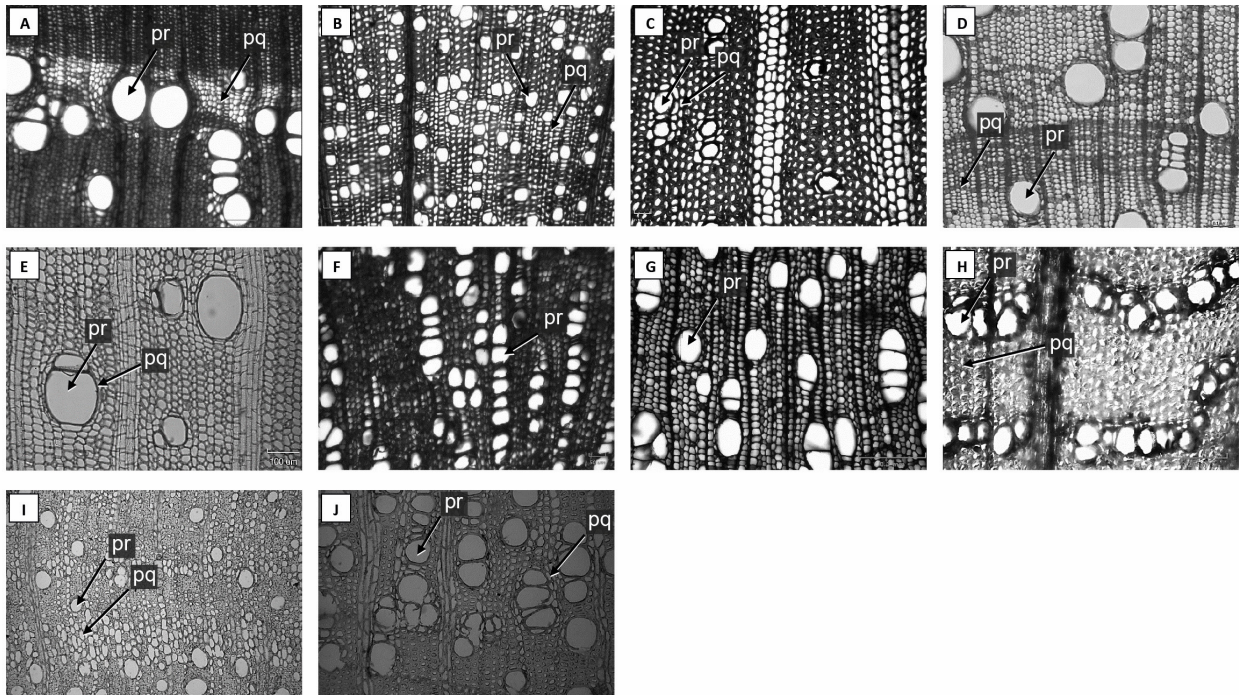


Figura 2. Vista anatómica en un corte transversal de la madera con un lente 10x donde se muestra principalmente los poros y parénquima en las especies: **A.** *Cedrela montana*, **B.** *Clethra fimbriata*, **C.** *Gynoxys nitida*, **D.** *Juglans neotropica*, **E.** *Heliocarpus americanus*, **F.** *Pouteria lucuma*, **G.** *Alnus acuminata*, **H.** *Oreocallis grandiflora*, **I.** *Eugenia orthostemon*, y **J.** *Oreopanax rosei*. Las flechas indican el parénquima (pq) y los poros (pr) en la madera.

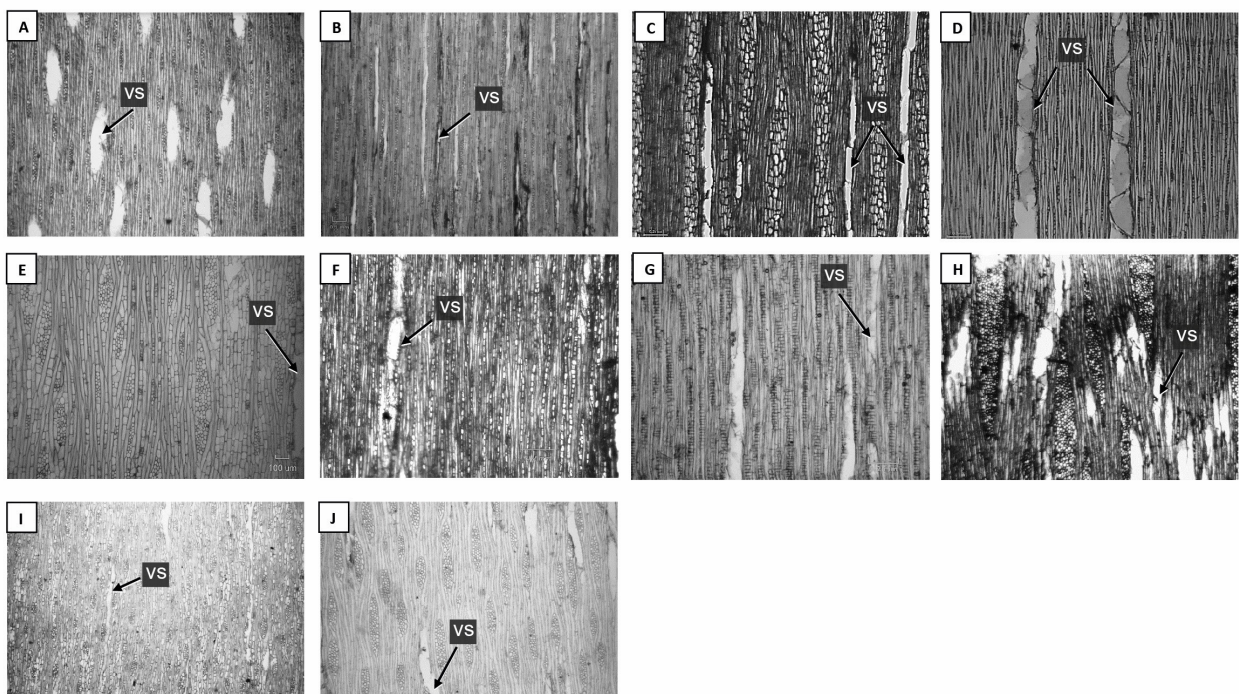


Figura 3. Vista anatómica en un corte tangencial de la madera con un lente 4x donde se muestra principalmente los vasos y rayos en las especies: **A.** *Cedrela montana*, **B.** *Clethra fimbriata*, **C.** *Gynoxys nitida*, **D.** *Juglans neotropica*, **E.** *Heliocarpus americanus*, **F.** *Pouteria lucuma*, **G.** *Alnus acuminata*, **H.** *Oreocallis grandiflora*, **I.** *Eugenia orthostemon*, y **J.** *Oreopanax rosei*. Las flechas indican los vasos (vs) en la madera.

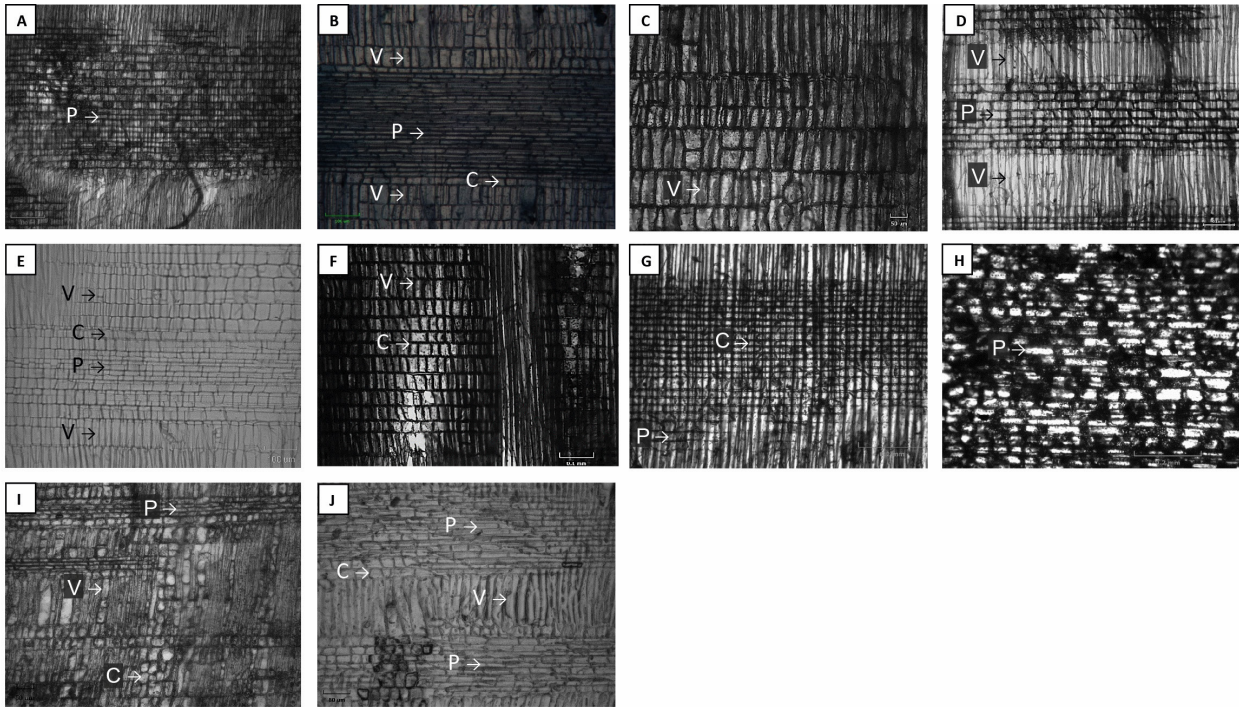


Figura 4. Vista anatómica en un corte radial de la madera con un lente 10x donde se muestra principalmente los radios y su estructura en las especies: **A.** *Cedrela montana*, **B.** *Clethra fimbriata*, **C.** *Gynoxys nitida*, **D.** *Juglans neotropica*, **E.** *Heliocarpus americanus*, **F.** *Pouteria lucuma*, **G.** *Alnus acuminata*, **H.** *Oreocallis grandiflora*, **I.** *Eugenia orthostemon*, y **J.** *Oreopanax rosei*. Las flechas indican los radios con células procumbentes (P), verticales (V) y cuadradas (C).

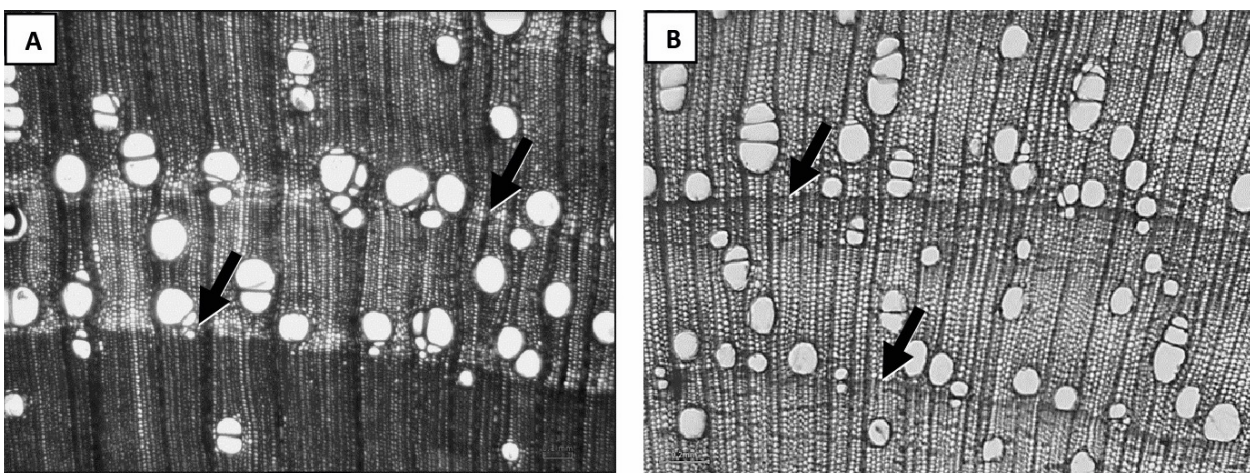


Figura 5. Especies forestales con anillos de crecimiento visibles. **A.** *Cedrela montana* y **B.** *Juglans neotropica*, con un lente de 4X. Las flechas indican los anillos de crecimiento anuales.



## DISCUSIÓN

De acuerdo a las características anatómicas de la madera, basadas en la normativa IAWA, en el presente estudio las especies presentaron notables diferencias entre ellas. La forma y agrupación de poros/vasos, radios, anillos de crecimiento, parénquima y células radiales difirió mucho entre cada una de las especies. Así, *Gynoxys nitida* y *Oreocallis grandiflora* se constituyen en nuevos registros anatómicos de maderas tropicales.

### *Forma y agrupación de poros o vasos*

De acuerdo a este estudio, la especie *Cedrela montana* presenta una porosidad semicircular con agrupación solitaria y múltiple, lo cual coincide con el estudio anatómico de la madera de 12 especies de *Trichilia* (Meliaceae) que crecen en diferentes estados de Venezuela (León, 2012). Para *Clethra fimbriata* no se encontraron estudios de carácter anatómico a nivel microscópico, pero en estudios de *Clethra revoluta* se evidenció la presencia de poros solitarios y una porosidad difusa (MAE & FAO, 2014), lo cual concuerda con los resultados obtenidos en este estudio.

En el caso de *Juglans neotropica* se evidenció una porosidad semicircular, lo cual concuerda con estudios de Arabe et al. (2011) y Beltrán & Valencia (2013), quienes encontraron que los poros de estas especies son solitarios y a veces se presentan en pequeños grupos arracimados.

De acuerdo a la forma de poros y agrupación de vasos, los resultados de *Heliocarpus americanus* coinciden con los reportados por Maza (2010) y MAE & FAO (2014), y en donde mencionan que esta especie presenta una porosidad difusa y poros solitarios.

*Pouteria lucuma* presentó porosidad difu-

sa y vasos múltiples con grupos de 4 y más. Para esta especie no se encontró información disponible para realizar comparaciones en lo que se refiere a la descripción anatómica microscópica. Sin embargo, se encontró que *Pouteria glomerata* y *Pouteria macrophylla* presentan características similares en cuanto a porosidad difusa (Cárdenas, 2007; Bolzon de Muñiz et al., 2013) vasos solitarios y múltiples, radios de 2 a 3 (Cárdenas, 2007) y de 2 a 4 series (Bolzon de Muñiz et al., 2013) respectivamente.

La especie de *Alnus acuminata* presentó una porosidad difusa agrupada con vasos solitarios y múltiples de 4 y más, característica semejante a lo registrado por Acosta (1967) en Costa Rica. Estudios de *Eugenia orthostemon* no han sido descritos, pero registros del mismo género fueron encontrados para *E. capuli* y *E. mayana*. (Rebollar & Tapia, 2010) donde se registró una porosidad difusa. Para la especie *Oreopanax rosei* no se encontraron registros en otros estudios. Pero en *Oreopanax floribundum* se encontró una porosidad difusa (Grande & Polanco, 2007), lo cual concuerda con las características de *O. rosei*.

### *Radios y células radiales*

De acuerdo a la descripción anatómica de León (2009), Tinco et al. (2013) y MAE & FAO (2014) para *Cedrela montana*, se encontraron similitudes con los resultados obtenidos en el presente estudio. Por otro lado, *Clethra fimbriata* posee radios triseriados de 1 a 3 series dispersos al contrario de *Clethra revoluta* el cual posee multiseriados de 4 a 6 células (MAE & FAO, 2014). Las células radiales presentaron atributos propios de la familia Clethraceae, los cuales se mencionan como uniformes (Aguilar-Alcántara et al., 2014).

Al comparar los resultados obtenidos de *Juglans neotropica* con el estudio de Arabe et

al. (2011), coincide en que son radios uniseriados. Para *Pouteria lucuma* fue difícil encontrar estudios similares, pero a nivel de género los radios son homocelulares (células procumbentes) y heterocelulares (procumbentes y verticales) (Cárdenas, 2007).

*Alnus acuminata* presentó radios de una a tres series, diferente a lo expuesto por Requellme (2015) quién encontró ocho series de radios. Sin embargo, en este estudio se encontró similitud con las características descritas por Acosta (1967) quién identificó células radiales mixtas procumbentes y cuadradas dispuestas a lo largo de los radios.

Para la especie *Eugenia orthostemon*, al compararla con la descripción realizada por Rebollar & Tapia (2010), se evidenció que la característica de los radios y células radiales son similares debido a que las dos especies del estudio presentan radios de forma uniseriada y biseriada con presencia de células procumbentes, cuadradas marginales y verticales.

Por otra parte, la especie *Oreopanax rosei*, al compararla con otra especie de su género *O. floribundum* no presentó mayores similitudes, es decir, que presentó radios multiseriados en mayor cantidad y radios biseriados en menor cantidad, mientras que con las especies *O. peltatus* y *O. xalapensis* presentaron radios de tipo multiseriados de 5 o más células (Aguilar et al., 2000), lo cual concuerda con lo reportado en *O. rosei*.

### ***Parénquima***

Para las especies *Pouteria lucuma* y *Alnus acuminata* observamos que el parénquima es ausente. Sin embargo, registros de *P. glomerata* presentaron parénquima apotraqueal difuso y en *P. macrophylla* el parénquima axial fue en bandas continuas (Cárdenas, 2007).

El parénquima de *Juglans neotropica* se dispone en finas bandas lo cual concuerda con lo reportado por Arabe et al. (2011) y Beltrán & Valencia (2013). Dentro del parénquima de *Clethra fimbriata* se observó un tipo axial paratraqueal escaso, similar a lo que se pudo evidenciar en el estudio realizado en México por Aguilar-Alcántara et al. (2014).

Ganzhi (2006), Maza (2010) y MAE & FAO (2014) mencionan que la especie *Heliocarpus americanus* presenta un parénquima axial apotraqueal, sin embargo, estudios realizados en zonas cercanas por Maza (2010) indican que esta especie tiene parénquima axial paratraqueal escaso lo cual es similar a los registros obtenidos en nuestro estudio.

Para la especie *Eugenia orthostemon* se identificó un parénquima axial en bandas, lo cual es similar a lo presentado por Rebollar & Tapia (2010). En cambio, para *Oreopanax rosei* se encontró parénquima axial escaso, lo que concuerda con el estudio presentado por Aguilar et al. (2000). Hay que recordar que estas dos últimas especies se las comparó a nivel de género.

### ***Anillos de crecimiento***

La mayoría de las especies de bosque andino no presentaron anillos de crecimiento visibles, lo cual está relacionado con las condiciones climáticas no estacionales en las que crecen estas especies. Por ejemplo, al comparar los anillos de crecimiento de *Cedrela montana* en otro sitio se constata también anillos bien definidos (Pereyra Espinoza et al., 2014), lo cual está relacionado principalmente por ser una especie de hojas caducifolias. Sin embargo, hay que recalcar que los anillos de crecimiento para *C. montana* ya fueron descritos en varios estudios dentro de un bosque lluvioso de montaña al sur del Ecuador (Bräuning et al., 2009;

Pucha-Cofrep et al., 2015). De manera similar, *Juglans neotropica* presentó anillos visibles, lo cual concuerda con otros estudios anatómicos realizados en esta especie (Arabe et al., 2011; Beltrán & Valencia, 2013).

En el caso de *Heliocarpus americanus* no se evidenció anillos de crecimiento, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Ganzhi (2006), Maza (2010) y MAE & FAO (2014), quienes mencionan que los anillos de crecimiento no fueron posibles de identificar en ecosistemas similares. Por otro lado, la especie *Clethra fimbriata* no mostró anillos de crecimiento, pero *Clethra revoluta* mostró anillos de crecimiento visibles en otro ecosistema, pero éstos fueron poco marcados (MAE & FAO, 2014).

Como se mencionó anteriormente, la especie *Pouteria lucuma* no presenta información disponible sobre su descripción anatómica, pero estudios sobre *Pouteria glomerata* y *Pouteria macrophylla* demuestran que el género *Pouteria* no presenta anillos de crecimiento visibles (Cárdenas, 2007; Bolzon de Muñiz et al., 2013). En el caso de *Alnus acuminata*, los anillos de crecimiento tampoco fueron visibles, sin embargo dentro del estudio de la anatomía y propiedades físicas de *A. acuminata* encontrado en Costa Rica (Acosta, 1967) se menciona que los anillos fueron poco definidos.

Los anillos de crecimiento en la especie *Eugenia orthostemon* no fueron posibles de identificar, mientras que en un estudio realizado en México (Rebollar & Tapia, 2010) para *E. mayana* y *E. capuli*, esta característica está claramente marcada, esto se debe a que estos individuos crecen a mayor latitud con un clima más estacional. Finalmente, la especie *Oreopanax rosei*, al igual que otras especies del mismo género como son *O. peltatus* y *O. xalapensis* (Aguilar et al., 2000) no presentaron anillos de crecimiento visibles. Pero *O. floribundum* (Grande & Polanco, 2007) presentó anillos visibles, lo cual está

ligado al clima de la región donde habita.

Cabe destacar que la presencia de anillos de crecimiento está más relacionada con la reacción de los árboles ante un periodo de estrés que inhibe el crecimiento y formación de nuevas células. Esta reacción está relacionada particularmente a cambios climáticos en bosques estacionales, y se evidencia muy poco en bosques tropicales. En el bosque andino al sur del Ecuador no existe una estacionalidad climática anual marcada ya sea de precipitaciones o temperaturas que permita la formación de anillos anuales en las especies forestales de este estudio. Sin embargo, *Cedrela montana* y *Juglans neotropica* son las únicas especies que presentan anillos anuales bien definidos a pesar de crecer en un bosque no estacional. Esto se debe al hecho que *C. montana* y *J. neotropica* tienen una defoliación casi completa de todo su follaje una vez al año, y por ello presentan anillos anuales de crecimiento. *Oreocallis grandiflora* muestra vasos agrupados en bandas horizontales lo cual puede fácilmente confundirse con anillos de crecimiento, sin embargo, a estas formaciones se las puede considerar como falsos anillos (Figura 2H).

## CONCLUSIONES

Este estudio describe las principales características anatómicas de las especies más comunes e importantes de los Bosques Andinos del Sur del Ecuador, lo cual se constituye en una base para realizar las descripciones anatómicas de la madera a nivel microscópico en especies leñosas de la provincia de Loja.

Basado en los análisis de resultados concluimos que, de las diez especies de bosque andino estudiadas, la mayoría presentan las siguientes características anatómicas: parénquima axial (8 spp.), porosidad difusa (7 spp.), anillos de crecimiento no visibles (7 spp.) y agrupación de va-

sos múltiples y solitarios (5 spp.). Por otro lado, las células radiales son las que presentan mayor variabilidad, las cuales van desde células procumbentes, cuadradas, verticales, marginales y mixtas. Así mismo, se demuestra que la minoría de especies presentan: agrupación múltiple (2 spp.), parénquima ausente (2 spp.), porosidad circular (1 spp.) y falsos anillos (1 spp.). Cabe destacar que *Juglans neotropica* y *Cedrela montana* son las únicas especies que compartieron 3 características anatómicas: forma de los poros, parénquima y anillos de crecimiento, la mismas que se relaciona con las condiciones climáticas y fenológicas de estas especies. La descripción anatómica realizada para las especies *Gynoxys nitida* y *Oreocallis grandiflora* se constituye en los primeros análisis anatómicos y dendrocronológicos en lo que concierne a especies forestales y endémicas del Sur del Ecuador. Esto demuestra el potencial que existe en ecosistemas de bosque andino para realizar nuevos estudios de anatomía de la madera a nivel microscópico, ya que la información actual es muy escasa. Por lo tanto, se recomienda profundizar en estudios más orientados a características anatómicas de la madera y factores climáticos, lo cual es de vital importancia para identificar las especies forestales que mejor se podrían adaptar ante eventuales cambios climáticos extremos.

## AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a todos nuestros compañeros del sexto ciclo de la carrera de Ingeniería Forestal periodo académico 2016-2017, por su participación en el estudio anatómico de especies forestales andinas, así como a los integrantes del proyecto de investigación de la Universidad Nacional de Loja “Determinación de los turnos biológicos de corta para el manejo forestal sostenible al sur del Ecuador” por darnos la apertura para ser parte de sus investigaciones científicas.

## LITERATURA CITADA

Acosta I. (1967). Descripción anatómica, propiedades físicas y algunos usos de 25 maderas de Costa Rica (Tesis de posgrado). Instituto Interamericano de Ciencias, Costa Rica Agrícolas de La OEA, Centro de Enseñanza e Investigación Turrialba, Costa Rica.

Aguilar S., J. Barajas & J. Tejero (2000). Anatomía de maderas de México: Especies de un bosque mesófilo de montaña. Publicaciones especiales del Instituto de Biología UNAM 17: 7-87.

Aguilar-Alcántara M., S. Aguilar-Rodríguez & T. Terrazas (2014). Anatomía de la madera de doce especies de un bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas, México. *Madera y Bosques* 20(3): 69-86.

Arabe A., D. Rodríguez, P. Chaves, J. Alvarado & M. Custodio (2011). Avances en la caracterización e identificación anatómica de los anillos de crecimiento de la especie *Juglans neotropica* Diels (Nogal) para estudios dendrocronológicos en el fundo La Génova, Junín (Perú). *Xilema* 24(1): 5-11.

Beltrán L. & G. Valencia (2013). Anatomía de anillos de crecimiento de 80 especies arbóreas potenciales para estudios dendrocronológicos en la Selva Central, Perú. *Revista de Biología Tropical* 61(3): 1025-1037.

Bolzon de Muñiz G., R. Faria França, A. Edis Fiorese & S. Nisgoski (2013). Análisis de la estructura anatómica de la madera y del carbón de dos especies de Sapotaceae. *Maderas. Ciencia y Tecnología* 15(3): 311-320.

Bräuning A., F. Volland-Voigt, I. Burchardt, O. Ganzhi, T. Nauss & T. Peters (2009). Climatic control of radial growth of *Cedrela montana* in a humid mountain rainforest in southern Ecuador. *Erdkunde* 63(4): 337-345.

Cárdenas Oscanoa A. (2007). Estudio preliminar anatómico de diez especies forestales procedentes de Iquitos-Loreto (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima-Perú.

Cresppo J. (2012). Notas sobre anatomía de maderas en relación al secado. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 1(1): 42-53.

Ecuador Forestal (2012). Planificación Estratégica Bosques Nativos en el Ecuador. Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones CORPEI, Agencia Ejecutora del Programa de Cooperación Económica Con Ecuador, EXPOECUADOR. Quito, Ecuador. 140 pp.

Ganzhi O. (2006). Estudio Anatómico de las Es-

pecies Arbóreas del Bosque Nublado de la Estación Científica San Francisco. Universidad Nacional de Loja. Disponible en: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/5188> [Consultado 15 Julio, 2017]

Gärtner H., S. Lucchinetti & F. Schweingruber (2014). New perspectives for wood anatomical analysis in dendrosciences: The GSL1-microtome. *Dendrochronologia* 32(1): 47-51.

Grande D. & C. Polanco (2007). Descripción anatómica de la madera de cuarenta especies del bosque alto-andino en Guasca, Cundimarca. Bogotá-Colombia. *Colombia forestal* 10(20): 180-206.

Jørgensen M. & S. León-Yáñez (1999). Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 75: 1-1181.

León W. (2009). Anatomía de la madera y clave de identificación para especies forestales vedadas en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 53(1): 51-62.

León W. (2012). Anatomía de la madera de 12 especies de *Trichilia* L. (Meliaceae) que crecen en Venezuela. *Ernstia* 22(1): 37-60.

MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador) & FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2014). Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales. Quito, Ecuador. 105 pp. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a/i4407s.pdf> (Consultado 10 Septiembre, 2017)

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* 1(1): 100-111.

Morocho D. & J.C. Romero (eds.) (2003). Bosques del sur. El estado de 12 remanentes de bosques andinos de la provincia de Loja. Fundación Ecológica Arcoiris/Probona/Dica. Loja, Ecuador. 123 pp.

Paucar H.V. (2010). Crecimiento radial de especies maderables en relación a su fenología y los factores cli-

máticos del bosque nublado de la estación científica San Francisco (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

Pereyra Espinoza M., G. Inga Guillen, M. Santos Morales & R. Rodríguez Arisméndiz (2014). Potencialidad de *Cedrela odorata* (Meliaceae) para estudios dendrocronológicos en la selva central del Perú. *Revista de Biología Tropical* 62(2): 783-793.

Pucha-Cofrep D., T. Peters & A. Bräuning (2015). Wet season precipitation during the past century reconstructed from tree-rings of a tropical dry forest in Southern Ecuador. *Global and Planetary Change* 133: 65-78.

Rebollar S. & N. Tapia (2010). Anatomía de la madera de dos especies de *Eugenia* (Myrtaceae) de Quintana Roo, México. *Madera y Bosques* 16(1): 85-98.

Requelme E. (2015). Dendrocronología de *Alnus acuminata* en el bosque reservado de San Pedro de Saño, Huancayo. *Universidad Continenta* 5(2): 249-256.

Rollenbeck R., P. Fabian & J. Bendix (2006). Precipitation dynamics and chemical properties in tropical mountain forests of Ecuador. *Advances in Geosciences* 6: 73-76.

Tinco M., J. Guillen & M. Arizapana (2013). Aplicación de cuatro modelos de crecimiento a series dendrocronológicas de *Cedrela montana* (Meliaceae)-Comunidad Nativa de Shaani, región Ucayali, Perú. *Xilema* 26(1): 48-56.

Wheeler E. & P.E. Gasson (1989). IAWA List of microscopic features for hardwood identification: with an Appendix on non-anatomical information. Leiden: National Herbarium of the Netherlands. 10 (3): 219-332

Zanne A., G. Lopez-Gonzalez, D. Coomes, J. Ilic, S. Jansen, S. Lewis, R. Miller, N. Swenson, M. Wiemann & J. Chave (2009). Global Wood Density Database. Disponible en: <http://datadryad.org/handle/10255/dryad.235> [Consultado 04 agosto, 2017]