

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA DE CINCO  
ESPECIES MADERABLES PROVENIENTES DE  
MADRE DE DIOS Y UCAYALI**

Presentado por:

**Zarela Emma Rosa Cerdán Obregón**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO FORESTAL

---

Lima - Perú  
2017

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por la ex-alumna de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. **ZARELA EMMA ROSA CERDÁN OBREGÓN**, intitulado “**CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA DE CINCO ESPECIES MADERABLES PROVENIENTES DE MADRE DE DIOS Y UCAYALI**”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de .....

En consecuencia queda en condición de ser considerada APTA y recibir el título de **INGENIERO FORESTAL**.

La Molina, 3 de Enero de 20157

.....  
Ing. Florencio Teodoro Trujillo Cuellar  
Presidente

.....  
Ing. Moises Pascual Acevedo Mallque  
Miembro

.....  
Ing. Julio Cesar Canchucaja Rojas  
Miembro

.....  
Ing. Manuel Chavesta Custodio  
Asesor

## *DEDICATORIA*

*A Dios y a mis padres.*

*A Dios por guiarme, fortalecerme y estar conmigo  
en cada paso que doy y a mis padres por su amor  
y apoyo incondicional en todo momento.*

## *AGRADECIMIENTOS*

*Quiero expresar mi más sincero agradecimiento*

*A mis padres por su cariño, paciencia y motivación para siempre seguir adelante.*

*A Luis Romero por aconsejarme y animarme en todo momento.*

*A la Sra. Susana Albengrin por su apoyo en la realización de este trabajo.*

*Al profesor Chavesta por su asesoramiento en esta investigación.*

*A David Huamán por su apoyo brindado en laboratorio.*

## *RESUMEN*

El propósito del presente trabajo es describir la estructura anatómica de la madera de las especies *Aspidosperma excelsum* Benth., *Licania micrantha* Miq., *Buchenavia amazonia* Alwan & Stace., *Laetia procera* (Poepp.) Eichler., *Sloanea laurifolia* (Benth.) Benth; colectadas en Madre de Dios y Ucayali; además de elaborar claves de identificación microscópica de acuerdo al International Association of Wood Anatomists IAWA (1989). La descripción de la anatomía de la madera incluye datos cualitativos y cuantitativos del xilema y es ilustrada mediante macrofotografías y microfotografías tomadas en sus tres planos. Asimismo, se siguió las recomendaciones establecidas por la International Association of Wood Anatomists IAWA (1989) y del Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis IBAMA (1991). Las especies presentan características comunes en grano entrecruzado, presencia de apéndices en los vasos, porosidad difusa, platinas de perforación simple y punteaduras intervasculares alternas. Algunas características distintivas de cada especie fueron el parénquima ausente o extremadamente raro en *Laetia procera* y *Sloanea laurifolia*, difuso y difuso en agregados en *Aspidosperma excelsum*, vasicéntrico unilateral en *Buchenavia amazonia* y en bandas delgadas en *Licania micrantha*; radios de dos tamaños distintos para *Laetia procera* y presencia de punteaduras ornadas en *Buchenavia amazonia*. Presencia de tilosis en *Licania micrantha*, cristales en *Aspidosperma excelsum*, *Laetia procera* y *Sloanea laurifolia* y sílice en *Licania micrantha*.

Palabras claves: Anatomía de la madera, especies, xilema, parénquima, sílice.

# ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>I. Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>II. Revisión de Literatura</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Anatomía de la madera</b> .....	<b>3</b>
1.1. Especies a estudiar .....	5
1.1.1. Nombre botánico: <i>Aspidosperma excelsum</i> Benth. ....	5
Nombres comunes: “Remo caspi” (Perú), “Carapanauba” (Brasil).....	5
Familia: Apocynaceae .....	5
1.1.2. Nombre botánico: <i>Licania micrantha</i> Miq. ....	6
Nombres comunes: “Apacharama” (Perú), “Pajura-rana” (Brasil).....	6
Familia: Chrysobalanaceae .....	6
1.1.3. Nombre botánico: <i>Buchenavia amazonia</i> Alwan & Stace.....	7
Nombres comunes: “Nogal amarillo” (Perú).....	7
Familia: Combretaceae .....	7
1.1.4. Nombre botánico: <i>Laetia procera</i> (Poepp.) Eichler.....	7
Nombres comunes: “Purma caspi” (Perú), “Warakairo” (Guyana). ....	7
Familia: Flacourtiaceae .....	7
1.1.5. Nombre botánico: <i>Sloanea laurifolia</i> (Benth.) Benth .....	8
Nombres comunes: “Huangana casha” (Perú) .....	8
Familia: Elaocarpaceae .....	8
<b>III. Materiales y Métodos</b> .....	<b>9</b>
<b>1. Lugar de ejecución</b> .....	<b>9</b>
<b>2. Materiales y equipos</b> .....	<b>9</b>
2.1. Materiales de laboratorio .....	9
2.2. Equipos de laboratorio .....	10
2.3. Equipos de oficina .....	10
<b>3. Metodología</b> .....	<b>10</b>
3.1. Muestras de madera.....	10
3.2. Estudio anatómico .....	11
3.2.1. Descripción general y macroscópica .....	11
3.2.2. Microtécnica .....	11
3.2.3. Registro de imágenes.....	13
3.2.4. Evaluación de resultados.....	13
3.2.5. Claves de identificación .....	13
<b>IV. Resultados y discusión</b> .....	<b>15</b>
<b>1. Descripción de especies</b> .....	<b>15</b>
<b>2. Discusión de resultados</b> .....	<b>40</b>
2.1. Características generales .....	40
2.2. Características macroscópicas .....	40
2.3. Características microscópicas .....	44
2.4. Análisis estadísticos de dimensiones de los elementos xilemáticos.....	49
2.5. Claves de identificación .....	52
<b>V. Conclusiones</b> .....	<b>53</b>
<b>VI. Recomendaciones</b> .....	<b>55</b>
<b>VII. Referencias bibliográficas</b> .....	<b>57</b>

<b>VIII. Anexos.....</b>	<b>65</b>
--------------------------	-----------

## *Índice de tablas*

	Página
Tabla 1: Especies en estudio.....	11
Tabla 2: Características generales y macroscópicas de las cinco especies estudiadas .....	42
Tabla 3: Características microscópicas de las cinco especies estudiadas .....	47
Tabla 4: Valores estadísticos de los elementos xilemáticos de las especies .....	50

## Índice de figuras

	Página
Figuras 1 y 2:	Madera en corte radial y tangencial de <i>Aspidosperma excelsum</i> ..... 17
Figura 3:	Macrofotografía de corte transversal de <i>Aspidosperma excelsum</i> ..... 17
Figura 4:	Corte transversal de <i>Aspidosperma excelsum</i> ..... 18
Figura 5:	Corte radial de <i>Aspidosperma excelsum</i> ..... 18
Figura 6:	Corte tangencial de <i>Aspidosperma excelsum</i> ..... 18
Figuras 7 y 8:	Elemento vascular y fibra de <i>Aspidosperma excelsum</i> ..... 19
Figuras 9 y 10:	Madera en corte radial y tangencial de <i>Licania micrantha</i> ..... 22
Figura 11:	Macrofotografía de corte transversal de <i>Licania micrantha</i> ..... 22
Figura 12:	Corte transversal de <i>Licania micrantha</i> ..... 23
Figura 13:	Corte radial de <i>Licania micrantha</i> ..... 23
Figuras 14 y 15:	Corte tangencial de <i>Licania micrantha</i> ..... 23
Figuras 16 y 17:	Elemento vascular y fibra de <i>Licania micrantha</i> ..... 24
Figuras 18 y 19:	Madera en corte radial y tangencial de <i>Buchenavia amazonia</i> ..... 27
Figura 20:	Macrofotografía de corte transversal de <i>Buchenavia amazonia</i> ..... 27
Figuras 21 y 22:	Corte transversal de <i>Buchenavia amazonia</i> ..... 28
Figura 23:	Corte radial de <i>Buchenavia amazonia</i> ..... 28
Figuras 24 y 25:	Corte tangencial de <i>Buchenavia amazonia</i> ..... 28
Figuras 26 y 27:	Elemento vascular y fibra de <i>Buchenavia amazonia</i> ..... 29
Figuras 28 y 29:	Madera en corte radial y tangencial de <i>Laetia procera</i> ..... 32
Figura 30:	Macrofotografía de corte transversal de <i>Laetia procera</i> ..... 32
Figuras 31 y 32:	Corte transversal de <i>Laetia procera</i> ..... 33
Figura 33:	Corte radial de <i>Laetia procera</i> ..... 33
Figuras 34 y 35:	Corte tangencial de <i>Laetia procera</i> ..... 33
Figuras 36 y 37:	Elemento vascular y fibra de <i>Laetia procera</i> ..... 34
Figuras 38 y 39:	Madera en corte radial y tangencial de <i>Sloanea laurifolia</i> ..... 37
Figura 40:	Macrofotografía de corte transversal de <i>Sloanea laurifolia</i> ..... 37
Figuras 41 y 42:	Corte transversal de <i>Sloanea laurifolia</i> ..... 38
Figura 43:	Corte radial de <i>Sloanea laurifolia</i> ..... 38
Figuras 44 y 45:	Corte tangencial de <i>Sloanea laurifolia</i> ..... 38
Figuras 46 y 47:	Elemento vascular y fibra de <i>Sloanea laurifolia</i> ..... 39

## *Índice de anexos*

	Página
ANEXO 1 LISTA DE CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE MADERAS DURAS IAWA (1989) .....	65
ANEXO 2 CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS LEÑOSOS EN BASE A SUS DIMENSIONES (COPANT, 1974) .....	70
ANEXO 3 TABLA DE COEFICIENTE DE VARIABILIDAD ESTABLECIDA POR RUBIO (2002) .....	71

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años existe una fuerte presión sobre los bosques tropicales por lo que se hace necesario maximizar los valores forestales mediante la investigación y averiguación del potencial de nuevas especies maderables, dado que actualmente muchas especies nativas de la amazonia son empleadas de manera empírica en las industrias de la madera; por ello la importancia de entender la estructura anatómica del material aprovechado para predecir su procesamiento más adecuado que garanticen productos de buena calidad y rendimiento económico de operaciones proporcionando beneficios en localidades y en todo el mundo.

La amazonía peruana cuenta con una alta diversidad en sus bosques por unidad de área, donde se encuentra una gran variedad de especies maderables que podría representar un suministro potencial de materia prima para las industrias forestales dedicadas a la transformación; sin embargo, la identificación anatómica aún no está determinada para muchas especies, es así que el poco conocimiento de las propiedades de nuevas especies de estos bosques fomenta la selección selectiva, comercializándose solo un pequeño grupo de especies, y por ende ocasiona un uso no sostenible del recurso.

De esta manera, el conocimiento anatómico de nuevas especies complementado con el estudio de sus propiedades Físicas – mecánicas, secado, preservado entre otros estudios permitirá la sustitución de las especies tradicionales mediante la incorporación de dichas especies en las industrias forestales generando un incremento de metros cúbicos extraídos por hectárea, contribuyendo así a un aprovechamiento integral de los bosques y obteniendo una mayor rentabilidad en el negocio maderero.

Los objetivos del presente trabajo son caracterizar la estructura anatómica de la madera de cinco especies: *Aspidosperma excelsum* Benth (Remo caspi), *Licania micrantha* Miq (Apacharama), *Buchenavia amazonia* Alwan & Stace (Nogal amarillo), *Laetia procera* (Poepp.) Eichler (Purma caspi) y *Sloanea laurifolia* (Benth.) Benth. (Huangana); así como elaborar claves microscópicas de acuerdo a la lista de características del International Association of Wood Anatomist (IAWA 1989) para cada una de las maderas.



## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **1. ANATOMÍA DE LA MADERA**

Cury (2001) menciona que los bosques amazónicos albergan una gran diversidad de hábitats de especies que a su vez se encuentran en peligro debido a la sobreexplotación de estos recursos; por ello la necesidad de inventariar y caracterizar la biodiversidad florística para definir sus mecanismos de clasificación, utilización sostenible, potencial económico y conservación.

El conocimiento apropiado de la naturaleza de la madera fomenta su uso racional y ofrece muchas ventajas cuando se aplican conocimientos científicos y técnicos dirigidos a mejorar la calidad de la madera producida en el bosque, permitir un mejor uso de las especies actualmente utilizadas y descubrir nuevos usos. De esta manera, se puede incrementar la calidad de los productos manufacturados y reducir pérdidas que podría generar mayores ingresos a las industrias madereras, así como en la conservación de los recursos forestales (Tsoumis, 1968).

La anatomía de la madera es una rama de la botánica y es una herramienta útil para la clasificación de la composición florística dado que la identificación taxonómica está limitada porque se basa en la descripción morfológica externa y además depende de la presencia de material botánico (Cury, 2001 y Ticiano, 2011). Este último autor menciona que el análisis comparativo de la estructura anatómica del leño permite la identificación de las características morfológicas exclusivas a nivel orden, familia, género y especie.

La identificación de especies es relevante en inventarios forestales, evaluación tecnológica y en la predicción del uso de la madera; como ventaja principal al estudio taxonómico es que no se requiere coleccionar material botánico a lo largo del año (Zenid, 2008 mencionado por Albuquerque, 2012). Además, De Lima (2011) menciona que la identificación anatómica comprende conocer el arreglo estructural de los diversos elementos que la componen.

Gasson (2011) menciona que las interrogantes sobre la identificación de la madera puede ser dividido en las siguientes preguntas: qué es, de dónde es, cuáles son sus propiedades (para

que puede ser utilizado), proviene de una fuente sostenible, y si se encuentra en peligro de extinción y/o protegida; sin embargo, la identidad de la madera es la primera etapa para descubrir las propiedades de la madera y aún más para saber en qué puede ser utilizado.

Pereira (2005), agrega que la anatomía de la madera comprende la anatomía descriptiva y comparativa, el primero se basa en el entendimiento de la estructura tridimensional de la madera, y la segunda contribuye en los estudios taxonómicos, sistemáticos y filogenéticos, permitiendo su identificación y utilización. Así mismo, Zenid y Ceccantini (2007) señalan que la anatomía de la madera ha demostrado ser una excelente herramienta alternativa para la identificación científica de una madera o un árbol, con un alto grado de confiabilidad.

El estudio anatómico abarca el nivel macroscópico, en el cual se describen características que requieren poco o ningún aumento (características organolépticas y macroscópicas), y el nivel microscópico que describe las características de células y tejidos que constituyen el leño de los árboles así como su organización, función y estructuras particulares que solo se diferencian con el uso del microscopio (Zenid y Ceccantini, 2007 y Torezani y Aparecida, 2010).

León y Espinoza (2001) mencionan que una especie es considerada importante desde el punto de vista comercial según los factores que influyen en la estructura anatómica y propiedades físico – mecánicas; por lo que, el conocimiento de las características de la madera permite predecir las tecnologías de procesamiento, es decir, permite conocer su trabajabilidad y las tecnologías de transformación para obtener un producto de calidad a un menor costo.

La calidad de la madera se refiere a su capacidad para cumplir con los requisitos necesarios para la fabricación de un producto, o incluso la combinación de propiedades físicas, mecánicas, químicas y anatómicas de un árbol que permite anticipar la mejor utilización de la madera para un determinado uso, además de prevenir defectos en su transformación (Gonçalez *et al.*, 2006).

Cury y Tomazello (2011), recomiendan que todo proyecto debe incluir la correcta identificación de las especies y conocer las características físico – mecánica de la madera, con el objetivo de contribuir con la preservación y el uso sustentado de las especies forestales. En el comercio de la madera se encuentran dificultades, cuando se presentan árboles que producen madera de importancia comercial de diferentes especies con un solo

nombre común; y así mismo cuando se denomina varios nombres comunes a una sola especie (Alburquerque, 2012).

La identificación de especies en el sector maderero es de mucha importancia porque se aplican en programas de fiscalización, regulación del comercio legal. Es así que aquellas maderas semejantes por su aspecto exterior pueden ser diferenciadas para determinada aplicación; de esa manera, el estudio anatómico garantiza al vendedor y comprador un certificado auténtico de las especies deseadas (De Lima, Mauri y Tarcísio, 2011).

El conocimiento anatómico de la madera a nivel de especie es fundamental en diferentes campos como arqueología terrestre y marina, bellas artes, restauración de edificios, comercio nacional e internacional y tráfico de especies; de manera que brinda información sobre los riesgos inherentes de la especie elegida y de tratamientos preventivos contra agentes bióticos y abióticos; por ejemplo, en la restauración de elementos artísticos maderables proporciona información respecto al comportamiento de la madera al acabado, admisión de tintes y sustitución parcial de piezas (García *et al.* 2003).

## **1.1. ESPECIES A ESTUDIAR**

### **1.1.1. NOMBRE BOTÁNICO:** *Aspidosperma excelsum* Benth.

**NOMBRES COMUNES:** “Remo caspi” (Perú), “Carapanauba” (Brasil).

**FAMILIA:** Apocynaceae

Anatómicamente, León (2011) señala que la albura es de color amarilla y el duramen marrón claro con transición gradual entre albura y duramen. Porosidad difusa, sin patrón de disposición definido. Souza (2015) añade que la madera es pesada y dura al corte en sección transversal. Textura fina. Grano irregular. Además, este autor reporta la siguiente información anatómica:

Poros: Porosidad semicircular, visibles con lupa, exclusivamente solitarios, forma circular, 59 poros/mm<sup>2</sup>, diámetro promedio de 84 µm, elementos vasculares con longitud promedio de 324 µm, obstruidos por depósitos blanquecinos, platinas de perforación simple, punteaduras intervasculares opuesto. Líneas vasculares irregulares en sección tangencial.

Parénquima: No visible a simple vista, parénquima apotraqueal difuso en agregado con 3 a 4 células por serie y ocasionalmente paratraqueal. Presencia de cristales prismáticos.

Radios: No visibles a simple vista. Predominan los biseriados (78%), uniseriados (20%) y algunos triseriados (2%). Altura promedio 351  $\mu\text{m}$ , ancho promedio 28  $\mu\text{m}$ , con 15 radios/mm lineal; eventualmente en agregados, radios poco contrastados en sección radial; constituido por células procumbentes con dos a cuatro hileras de células marginales erectas. No estratificados. Punteaduras radiovasculares con bordes distintivos similar a la puntuación intervascular.

Fibras: con punteaduras notoriamente areoladas, no septadas, 783  $\mu\text{m}$  de longitud, 6  $\mu\text{m}$  de espesor de pared y 9  $\mu\text{m}$  de ancho de lumen.

**1.1.2. NOMBRE BOTÁNICO:** *Licania micrantha* Miq.

**NOMBRES COMUNES:** “Apacharama” (Perú), “Pajura-rana” (Brasil).

**FAMILIA:** Chrysobalanaceae

Détienne y Jacket (1983) presentan la siguiente información para el género *Licania*: madera de color marrón rosado claro a marrón oscuro. Mencionan además lo siguiente:

Poros: Solitarios más o menos bien distribuidos, generalmente escasos con 2 a 6 poros/ $\text{mm}^2$  hasta 10 poros/ $\text{mm}^2$  en *L. emarginata*, *L. fuchsii* y *L. octandra*, tamaño mediano de 130 a 200  $\mu\text{m}$  hasta 250  $\mu\text{m}$  en especies de menor densidad. Platinas de perforación simple; algunas especies presentan engrosamientos helicoidales.

Parénquima: En líneas tangenciales continuas o discontinuas, ligeramente ondulado, con una a dos células de ancho.

Radios: Uniseriados, de 12 a 20 radios/mm, estructura heterogénea. Puntuaciones radio vasculares grandes y alargadas verticalmente u oblicuamente. Presencia de sílice. Agrega, León y Espinoza (2001) la especie posee punteaduras radiovasculares distintas a las intervasculares y reporta la presencia de esclerotídeos.

Fibras: con punteaduras claramente areoladas.

La madera presenta dificultad en su trabajabilidad debido a su dureza y alto contenido de sílice. Asigna usos de la madera para pilotes y para construcción marina por la gran resistencia contra los barrenadores marinos (Fern, 2014).

**1.1.3. NOMBRE BOTÁNICO:** *Buchenavia amazonia* Alwan & Stace

**NOMBRES COMUNES:** “Nogal amarillo” (Perú).

**FAMILIA:** Combretaceae

González (s/f.) presenta la siguiente información para la especie: Albura de color blanca amarillenta y duramen amarillo, con transición gradual albura duramen. Olor agradable y sabor no distintivo. Brillo medio. Veteado arcos superpuestos muy superficiales. Grano entrecruzado. Textura fina. Anillos de crecimiento limitados por el parénquima marginal.

Poros: Porosidad difusa en disposición tangencial, visibles con lupa, solitarios predominantemente y poco múltiples radiales, de forma redonda, diámetro tangencial promedio 189  $\mu\text{m}$ , longitud promedio de elementos vasculares de 660  $\mu\text{m}$ . Placa de perforación simple. Presencia de gomas en poros. Punteadura intervascular poligonal alterna, apertura de la punteadura incluida ornada, punteadura radiovascular similar a la intervascular. Tamaño promedio de punteaduras mediano 9  $\mu\text{m}$ .

Parénquima: Paratraqueal aliforme romboide confluyente y marginal, de una hilera. Engrosamientos en espiral en el parénquima y fibras. Además, Détienne y Jacket (1983) mencionan para el género *Buchenavia* que poseen parénquima asociado a los poros, a menudo más abundante en un lado, muy poco aliforme o aliforme confluyente que forman largas líneas o bandas sinuosas.

Radios: visibles con lupa, finos. Altura promedio 377  $\mu\text{m}$ , ancho promedio 20  $\mu\text{m}$ , no estratificados. Homogéneos y ocasionalmente algunos heterogéneos, uniseriados, células procumbentes con una hilera de células cuadradas marginales, presencia de cristales esporádicos.

Fibras: Longitud promedio 1680  $\mu\text{m}$ .

**1.1.4. NOMBRE BOTÁNICO:** *Laetia procera* (Poepp.) Eichler

**NOMBRES COMUNES:** “Purma caspi” (Perú), “Warakairo” (Guyana).

**FAMILIA:** Flacourtiaceae

Miller y Détienne (2001) con respecto a la especie señalan que: El duramen es color marrón amarillento pálido y albura blanco amarillento pálido. Anillos de crecimiento indistintos o ausentes. Grano ligeramente entrecruzado. Textura fina a media.

Poros: Porosidad difusa, solitarios y múltiples radiales de dos a tres poros, 6 a 11/ mm<sup>2</sup>, longitud de los elementos vasculares de 750 a 1500 µm. Platinas de perforación simple. Punteaduras intervasculares alternas, circular u ovalado, 4 – 6 µm en diámetro, punteaduras radiovasculares con bordes distintivos, similares a las puntuaciones intervasculares en forma y tamaño.

Parénquima: Ausente, no visible aún con lupa.

Radios: Heterocelulares con más de 4 hileras de células erectas o cuadradas. Frecuencia de 9 a 11/mm lineal. Ancho de tres a cinco células y altura de 1800 a 4550 µm. Radios uniseriados y la mayoría de extensiones uniseriados con células cuadradas o erectas cortos. No estratificados. Presencia de cristales prismáticos mayormente en células radiales cuadradas y/o erectas, con poca frecuencia en células radiales procumbentes; drusas ocasionalmente en células de parénquima radial, o ausente; un cristal por célula. Insidewood (2004) menciona que la especie presenta radios de dos tamaños distintos.

Fibras: Septadas, paredes gruesas, longitud de 1850 a 2650 µm y punteaduras simple a areolada.

**1.1.5. NOMBRE BOTÁNICO:** *Sloanea laurifolia* (Benth.) Benth

**NOMBRES COMUNES:** “Huangana casha” (Perú)

**FAMILIA:** Elaocarpaceae

Détienne y Jacket (1983) señalan que la madera del género *Sloanea* es de color marrón claro a marrón oscuro o marrón anaranjado.

Poros: Difusos, solitarios o múltiples radiales de 2 a 4, con 3 a 5 poros/mm<sup>2</sup>, diámetro tangencial de 150 a 200 µm. Perforaciones simples de los elementos vasculares, las puntuaciones intervasculares varían de 8 a 13 µm de diámetro.

Parénquima: En líneas de 2 a 6 células; compuestas generalmente de 4 septas en corte longitudinal.

Radios: De dos tamaños distintos, uniseriados cortos y largos de 4 a 8 células. Compuestos por células procumbentes al centro y 2 a 10 hileras de células cuadradas en los márgenes del radio. Presencia de cristales.

Fibras: Con punteaduras simples o areoladas.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **1. LUGAR DE EJECUCIÓN**

El estudio se realizó en el Laboratorio de Anatomía de la Madera del Departamento Académico de Industrias Forestales, de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

#### **2. MATERIALES Y EQUIPOS**

##### **2.1. MATERIALES DE LABORATORIO**

- Lupas de 10X
- Solución de alcohol de 30°, 60° y 90°
- Solución de glicerina y alcohol en partes iguales
- Solución de ácido nítrico al 33%
- Solución de safranina al 1% en alcohol de 90°
- Pegamento merkoglass
- Abrasivo fino para micrótopo
- Abrasivo grueso para micrótopo
- Agua destilada
- Xilol
- Placas Petri
- Porta objetos
- Cubre objetos de 18mmx18mm

- Cubre objetos de 22mmx22mm
- Vaso de precipitado 100 ml y 500 ml
- Pincel pelo de Martha n°5
- Tabla Munsell
- Cuchillas descartables Leica para micrótopo.

## **2.2. EQUIPOS DE LABORATORIO**

- Micrótopo de deslizamiento horizontal
- Microscopio binocular Olympus
- Microscopio binocular Leica DM500 con cámara digital incorporada ICC50HD y
- Software Leica Application Suite LAS EZ Version 2.0.0
- Afilador de cuchilla Reichert
- Cocina eléctrica
- Estereoscopio binocular Olympus

## **2.3. EQUIPOS DE OFICINA**

- Computadora
- Materiales de escritorio

# **3. METODOLOGÍA**

## **3.1. MUESTRAS DE MADERA**

Las muestras de xiloteca fueron proporcionadas por el Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional Agraria la Molina, las cuales han sido identificadas dendrológicamente. En la tabla 1 se presentan las especies a utilizar.

**Tabla 1: Especies en estudio**

<b>NOMBRE BOTÁNICO</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>PROCEDENCIA</b>	<b>N° XILOTECA</b>
<i>Aspidosperma excelsum</i> Benth.	Remo caspi	Apocynaceae	Madre de Dios	4214
<i>Licania micrantha</i> Miq.	Apacharama	Chrysobalanaceae	Madre de Dios	4215
<i>Buchenavia amazonia</i> Alwan & Stace	Nogal amarillo	Combretaceae	Ucayali	4374
<i>Laetia procera</i> (Pepp.) Eichler	Purma caspi	Flacourtiaceae	Ucayali	4376
<i>Sloanea laurifolia</i> (Benth). Benth	Huangana casha	Elaeocarpaceae	Ucayali	4375

### **3.2. ESTUDIO ANATÓMICO**

El estudio de la estructura anatómica se realizó de acuerdo a las normas de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT, 1974), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 1991) y de la International Association of Wood Anatomists (IAWA, 1989).

#### **3.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL Y MACROSCÓPICA**

Se emplearon muestras de xiloteca de 2x10x15cm debidamente orientadas para la descripción de características como color, anillos de crecimiento, grano, textura, resistencia de la madera al ser cortada por la cuchilla, brillo, veteado, poros, parénquima y radios. Para la descripción del color se utilizó la tabla Munsell (1977).

#### **3.2.2. MICROTÉCNIA**

##### **a. Preparación de láminas histológicas**

- Previamente para cada especie se prepararon tres cubos de 1x1x2cm debidamente orientadas en sus tres planos de corte, utilizados para obtener láminas histológicas para la descripción microscópica; cuyo proceso comprende las siguientes fases:
- Ablandamiento de cubos: Se ablandaron en agua caliente a temperatura de ebullición del agua, cuyo tiempo de ablandamiento estuvo en función de la naturaleza propia de cada especie, tiempo promedio de 35 a 70 horas.
- Corte de láminas: se obtuvieron láminas de 20 a 25  $\mu$ m de espesor para cada sección transversal, radial y tangencial; las que fueron colocados en una placa Petri con alcohol de 30°.

- Deshidratación: Se emplearon alcoholes de 30°, 60° y 90°. En cada grado de alcohol las láminas permanecieron durante 15 minutos, luego se retiró el alcohol y se agregó otro de mayor grado.
- Coloración y lavado: Terminado el proceso de deshidratado, se procedió a agregar cinco gotas de safranina a las láminas, buscando un coloreado uniforme, permaneciendo por aproximadamente 15 minutos. Transcurrido ese tiempo se realizó el lavado de las láminas con alcohol de 90°, repitiendo varias veces hasta eliminar el exceso de colorante. Luego se agregó xilol para fijar el colorante.
- Montaje: Las láminas fueron colocadas en placas porta objetos y en orden transversal, radial y tangencial para luego agregar una gota de merkoglass antes de cubrirlas con el cubre objetos cuyo secado fue casi instantáneo. Se elaboraron ocho placas porta objetos para cada especie.

**b. Preparación de láminas de tejido de macerado**

- Previamente se prepararon pequeñas piezas de madera similares a palitos de fósforo para obtener fibras y vasos conforme a los procedimientos empleados en el laboratorio de Anatomía de la Madera la UNALM.
- Maceración: Los palitos de madera fueron colocados en un vaso pyrex, luego se agregó una solución de ácido nítrico al 33% en una cantidad suficiente como para cubrirlas completamente. Luego fue colocada en la plataforma de la cocina eléctrica a 40° de temperatura por un tiempo aproximado de 15 a 20 minutos.
- Lavado, deshidratación y coloración: Los palitos de madera se lavaron varias veces hasta eliminar el exceso de ácido en los tejidos; luego se agregó alcohol de 90° y cinco gotas de safranina y se dejaron reposar por un día.
- Montaje: Parte del tejido macerado fue colocado en una placa Petri y se añadió xilol para fijar el colorante. Se separaron y seleccionaron las fibras y vasos utilizando una aguja hipodérmica y un microscopio. Los vasos y fibras escogidas se colocaron en los porta objetos, se añadió una gota de merkoglass y se cubrió con los cubre objetos, cuyo secado fue casi instantáneo. Se prepararon cuatro porta objetos para cada especie.

### **c. Medición de fibras y elementos vasculares**

Se realizaron 100 mediciones por especie para longitud y diámetro de vasos, espesor, longitud y diámetro de las fibras. Asimismo se determinaron el número de células, ancho, altura y número de radios por mm lineal, diámetro tangencial y número de poros por mm<sup>2</sup>.

#### **3.2.3. REGISTRO DE IMÁGENES**

Se tomaron macrofotografías de la sección transversal y microfotografías de las secciones transversal, tangencial y radial para cada una de las especies.

#### **3.2.4. EVALUACIÓN DE RESULTADOS**

Los parámetros estadísticos de los elementos anatómicos fueron calculados conforme a la norma COPANT (1972) tales como: Promedio, valor máximo y mínimo, desviación estándar y coeficiente de variabilidad para los diferentes elementos anatómicos.

#### **3.2.5. CLAVES DE IDENTIFICACIÓN**

Se elaboraron claves numéricas microscópicas conforme al International Association of Wood Anatomists IAWA (1989) para las cinco especies.



## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. DESCRIPCIÓN DE ESPECIES

Se describe las características generales, macroscópicas y microscópicas de las cinco especies estudiadas. La información se complementa con macrofotografías en sección transversal y microfotografías en sección transversal, radial y tangencial.

**Remo caspi**

*Aspidosperma excelsum* Benth.

**Apocynaceae**

#### **Características generales**

En condición seca al aire el duramen es de color amarillento 2.5Y 7/6 (Figuras 1 y 2), sin diferenciación entre albura y duramen. Anillos de crecimiento diferenciados por bandas oscuras irregulares. Olor y sabor no distintivos; grano entrecruzado, textura fina, brillo ausente, sin veteado. Madera dura al ser cortada en forma manual con cuchilla en sentido transversal a las fibras.

#### **Descripción Macroscópica** (Figura 3)

Poros: Visibles con lupa 10X, solitarios de forma ovalada; líneas vasculares rectilíneas.

Parénquima: No visible con lupa de 10X.

Radios: Visibles con lupa de 10X, finos y sin contraste en sección radial; no estratificados.

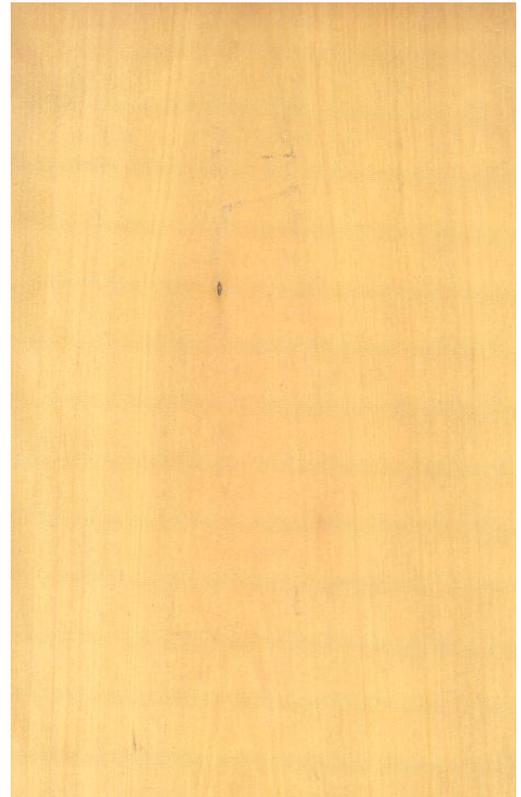
#### **Descripción Microscópica**

Poros / Elementos vasculares: Poros difusos, solitarios de forma redonda. Diámetro tangencial promedio 60  $\mu\text{m}$ , clasificados como pequeños. En promedio 56 poros/ $\text{mm}^2$ , clasificados como numerosos. Longitud promedio de los elementos vasculares 494  $\mu\text{m}$  clasificados como medianos, con presencia de apéndices en uno o ambos lados de los elementos vasculares (Figuras 7 y 8). Platinas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas de forma redondeada, con diámetro promedio de cuatro  $\mu\text{m}$ , clasificada como pequeñas; apertura incluida de forma redonda a circular.

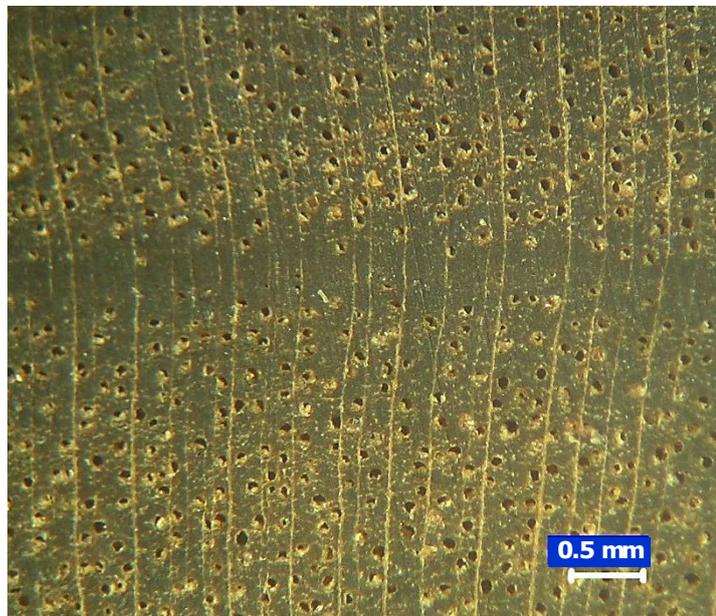
Parénquima: En sección transversal apotraqueal difuso y difuso en agregados (Figura 4); en corte longitudinal no estratificado, de tres a ocho septas por célula. Presencia de cristales de forma romboide.

Radios: En sección tangencial altura promedio de 283  $\mu\text{m}$ , clasificados como extremadamente bajos; biseriados con 23  $\mu\text{m}$  de ancho promedio, clasificados como muy finos. En sección radial homocelulares, formado por células procumbentes. En promedio seis radios/mm, clasificados como poco numerosos; no estratificados. Punteaduras radiovasculares similares en forma y tamaño a las intervasculares (Figuras 5 y 6).

Fibras: Libriformes; longitud promedio de 1520  $\mu\text{m}$ , clasificadas como medianas; en promedio 19  $\mu\text{m}$  de diámetro, clasificados como angostas; de paredes muy gruesas con espesor promedio de siete  $\mu\text{m}$ ; no estratificadas; con punteaduras notoriamente areoladas (Figuras 7 y 8).



**Figuras 1 y 2:** Madera en corte radial y tangencial de *Aspidosperma excelsum*



**Figura 3:** Macrofotografía de corte transversal de *Aspidosperma excelsum*



Figura 4: Corte transversal de *Aspidosperma excelsum*

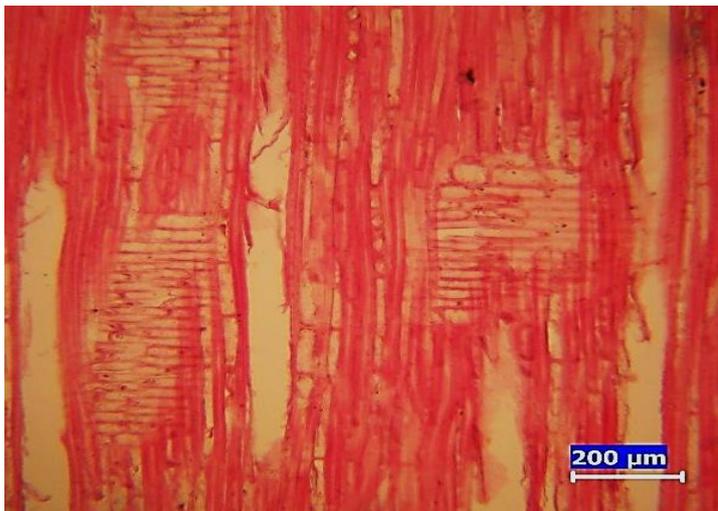


Figura 5: Corte radial de *Aspidosperma excelsum*

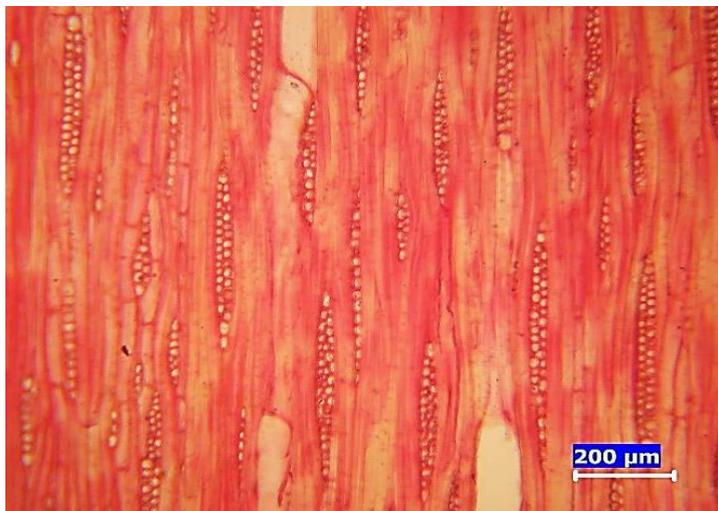
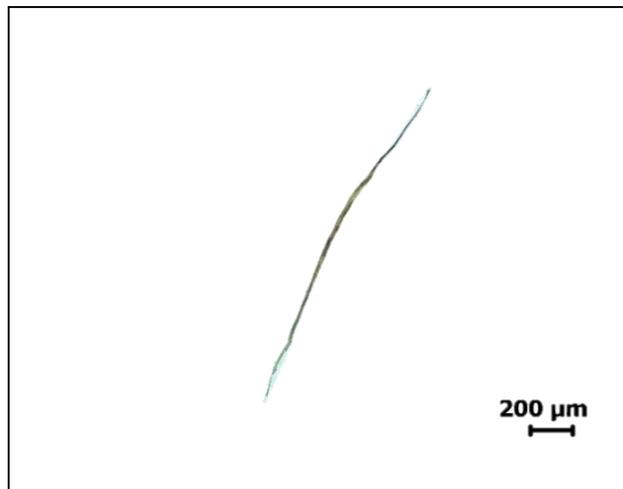


Figura 6: Corte tangencial de *Aspidosperma excelsum*



**Figuras 7 y 8:** Elemento vascular y fibra de *Aspidosperma excelsum*

**Características generales**

En condición seca al aire el duramen es de color marrón amarillento 10YR 5/4 (Figuras 9 y 10), presenta transición gradual de albura a duramen. Anillos de crecimiento no diferenciados. Olor y sabor no distintivos. Grano entrecruzado, textura fina, brillo ausente y vetado en arcos superpuestos causados por el parénquima longitudinal. Madera dura al ser cortada en forma manual con cuchilla en sentido transversal a las fibras.

**Descripción Macroscópica** (Figura 11)

Poros: Visibles con lupa de 10X, solitarios de forma redonda; líneas vasculares irregulares.

Parénquima: Visible con lupa de 10X, en líneas o bandas angostas.

Radios: Visibles con lupa 10X, sin contraste en sección radial; no estratificados.

**Descripción Microscópica**

Poros / Elementos vasculares: Poros difusos, solitarios de forma redonda. Diámetro tangencial promedio 67  $\mu\text{m}$ , clasificados como pequeños. En promedio ocho poros/ $\text{mm}^2$ , clasificados como pocos. Longitud promedio de los elementos vasculares 606  $\mu\text{m}$  clasificados como medianos, con presencia de apéndices en uno o ambos extremos de los elementos vasculares (Figuras 16 y 17). Platinas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas de forma redondeada y ovalada, apertura incluida de forma ovalada y alargada de dos tamaños distintos, con diámetro promedio de cinco  $\mu\text{m}$ , clasificada como pequeñas. Presencia de tilosis.

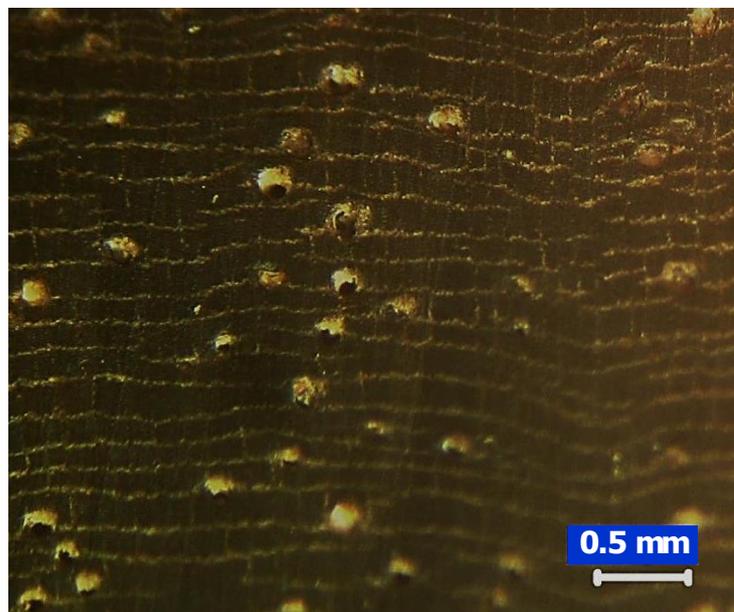
Parénquima: En sección transversal en bandas delgadas con una célula de ancho (Figura 12); en corte longitudinal no estratificado, con más de ocho septas por célula.

Radios: En sección tangencial altura promedio de 325  $\mu\text{m}$ , clasificados como extremadamente bajos; uniseriados con 21  $\mu\text{m}$  de ancho promedio, clasificados como muy finos. En sección radial homocelulares, formado por células erectas o cuadradas. En promedio 13 radios/ $\text{mm}$ , clasificados como numerosos; no estratificados. Punteaduras radiovasculares similares en forma y tamaño a las intervasculares. Presencia de sílice. (Figuras 13,14 y 15).

Fibras: Libriformes; longitud promedio de 1450  $\mu\text{m}$ , clasificadas como medianas; en promedio 20  $\mu\text{m}$  de diámetro, clasificados como angostas; de paredes muy gruesas con espesor promedio de 7,9  $\mu\text{m}$ ; no estratificadas; con punteaduras notoriamente areoladas (Figuras 16 y 17).



**Figuras 9 y 10:** Madera en corte radial y tangencial de *Licania micrantha*



**Figura 11:** Macrofotografía de corte transversal de *Licania micrantha*



Figura 12: Corte transversal de *Licania micrantha*

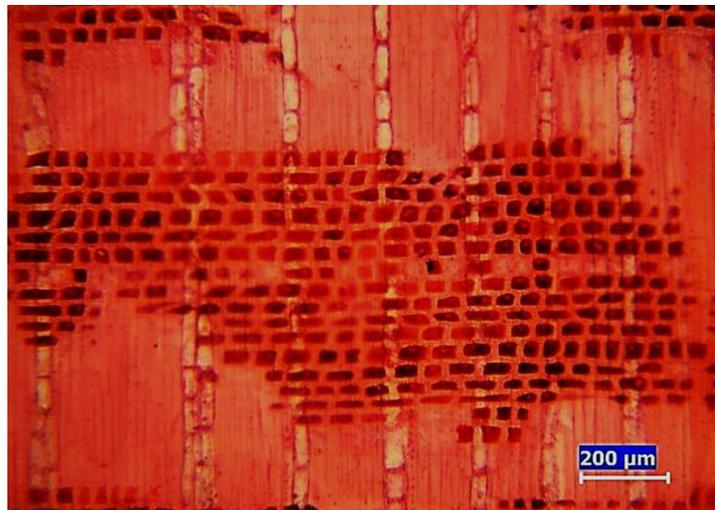
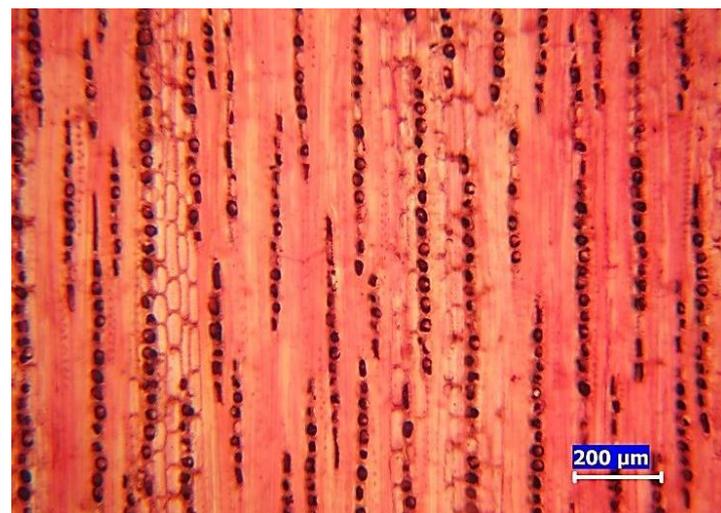
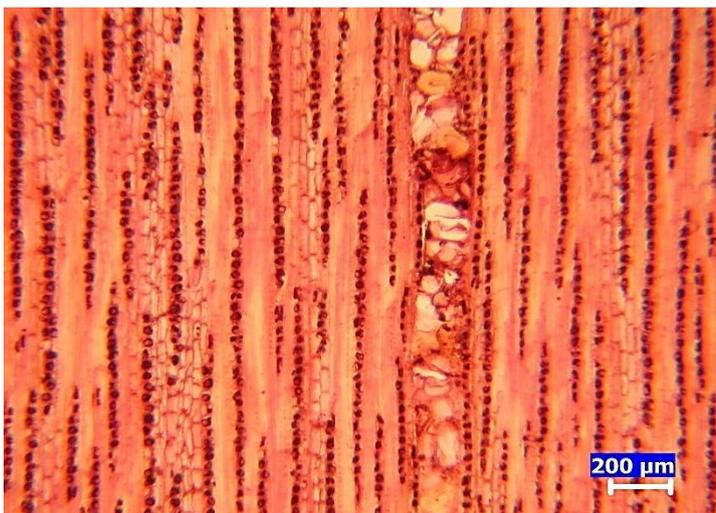
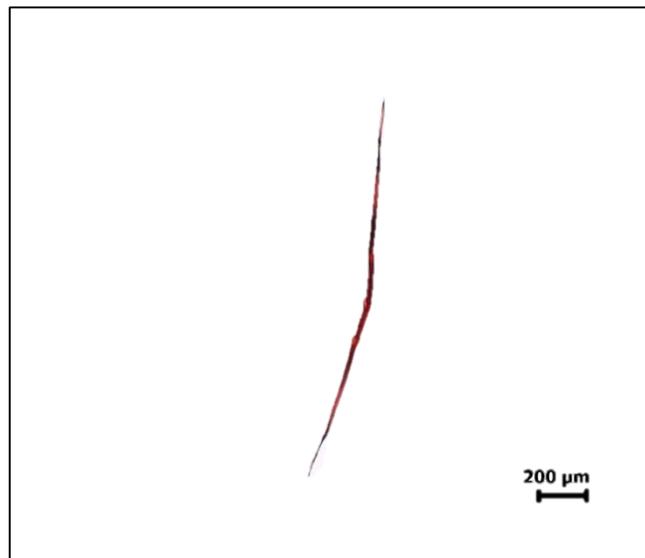
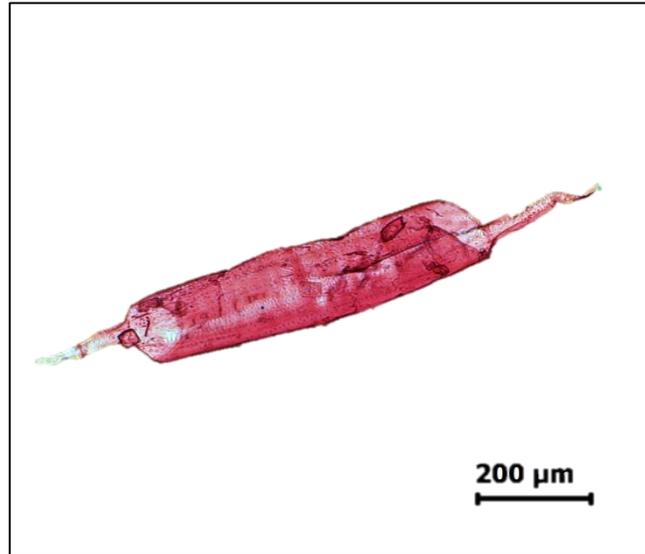


Figura 13: Corte radial de *Licania micrantha*



Figuras 14 y 15: Corte tangencial de *Licania micrantha*



**Figuras 16 y 17:** Elemento vascular y fibra de *Licania micrantha*

**Características generales**

En condición seca al aire existe transición gradual de albura a duramen; albura color amarillo pálido 2,5Y 8/4 y el duramen amarillo anaranjado 10YR 7/3 (Figuras 18 y 19). Anillos de crecimiento diferenciados por bandas oscuras irregulares. Olor y sabor no distintivos. Grano entrecruzado, textura fina, brillo medio y vetado en arcos superpuestos causados por los anillos de crecimiento. Madera moderadamente dura al ser cortada en forma manual con cuchilla en sentido transversal a las fibras.

**Descripción Macroscópica** (Figura 20)

Poros: Visibles con lupa de 10X, predominante múltiples radiales y solitarios de forma redonda; líneas vasculares irregulares.

Parénquima: No visible con lupa de 10X.

Radios: Visibles con lupa 10X, sin contraste en sección radial; no estratificados

**Descripción Microscópica:**

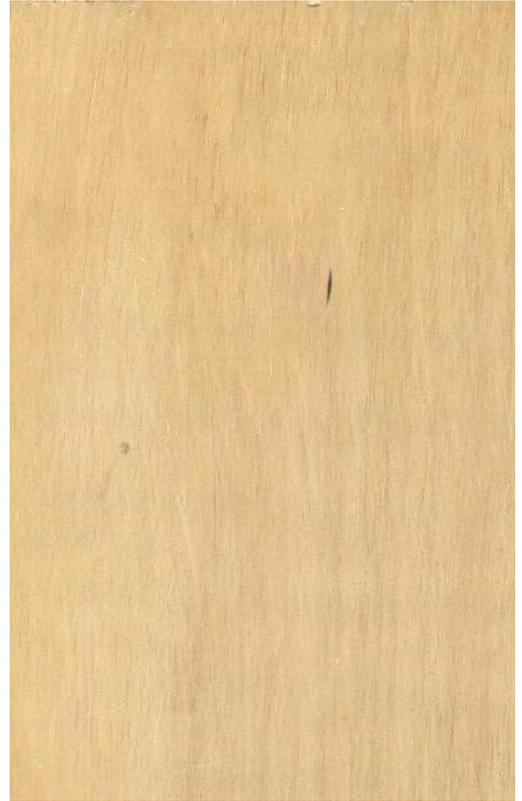
Poros / Elementos vasculares: Poros difusos, predominante múltiples radiales de dos a tres poros y algunos solitarios de forma redonda. Diámetro tangencial promedio 67  $\mu\text{m}$ , clasificados como pequeños. En promedio 35 poros/ $\text{mm}^2$ , clasificados como moderadamente numerosos. Longitud promedio de los elementos vasculares 287  $\mu\text{m}$  clasificados como cortos, con presencia de apéndices en uno o ambos lados de los elementos vasculares (Figuras 26 y 27). Platinas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas de forma ovalada y apertura incluida ornada y de forma lenticular, con diámetro promedio de cuatro  $\mu\text{m}$ , clasificada como pequeñas. Presencia de gomas.

Parénquima: En sección transversal paratraqueal vasicéntrico unilateral escaso (Figuras 21 y 22); en corte longitudinal no estratificado.

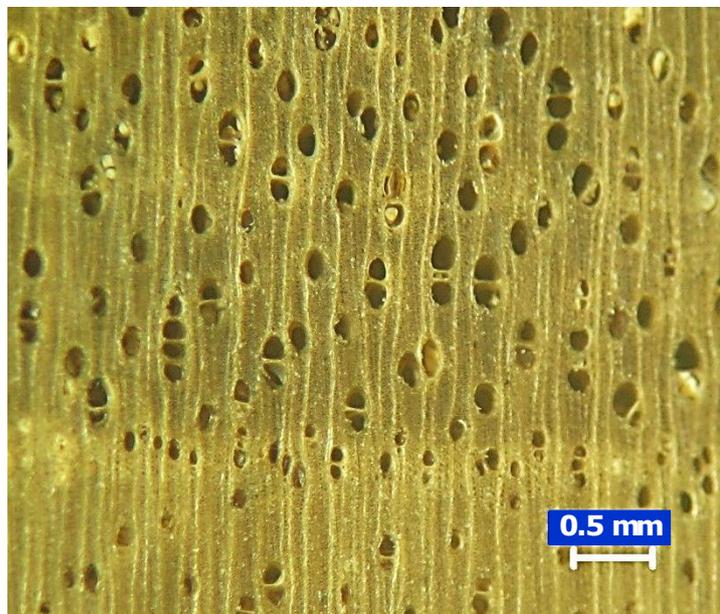
Radios: En sección tangencial altura promedio de 288  $\mu\text{m}$ , clasificados como extremadamente bajos; homogéneos y heterogéneos tipo II; mayormente biseriados y algunos uniseriados con 17  $\mu\text{m}$  de ancho promedio, clasificados como muy finos. En sección radial homocelulares, formado por células erectas o cuadradas, y ocasionalmente

heterocelulares formado por células procumbentes con una hilera marginal de células erectas. En promedio 11 radios/mm, clasificados como poco numerosos; no estratificados. Punteaduras radiovasculares similares en forma y tamaño a las intervasculares (Figuras 23, 24 y 25).

Fibras: Libriformes; longitud promedio de 1114  $\mu\text{m}$ , clasificadas como medianas; diámetro promedio de 17  $\mu\text{m}$ , clasificados como angostas; de paredes delgadas con espesor promedio de 3,1  $\mu\text{m}$ ; no estratificadas; fibras septadas con cuatro septas por fibra (Figuras 26 y 27).



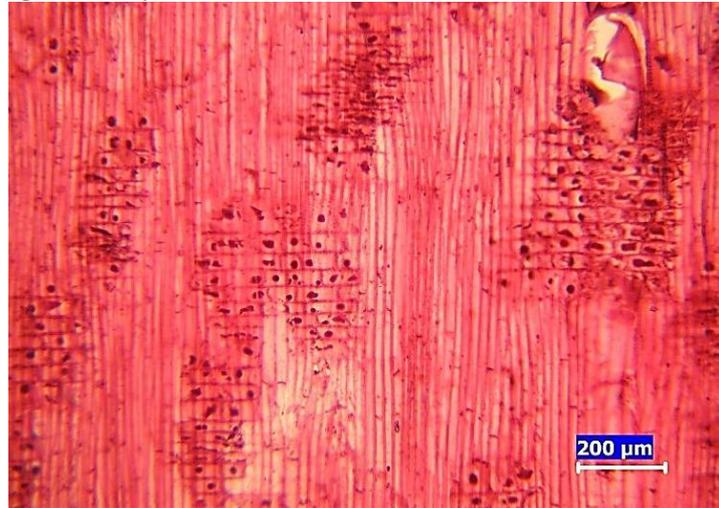
**Figuras 18 y 19:** Madera en corte radial y tangencial de *Buchenavia amazonia*



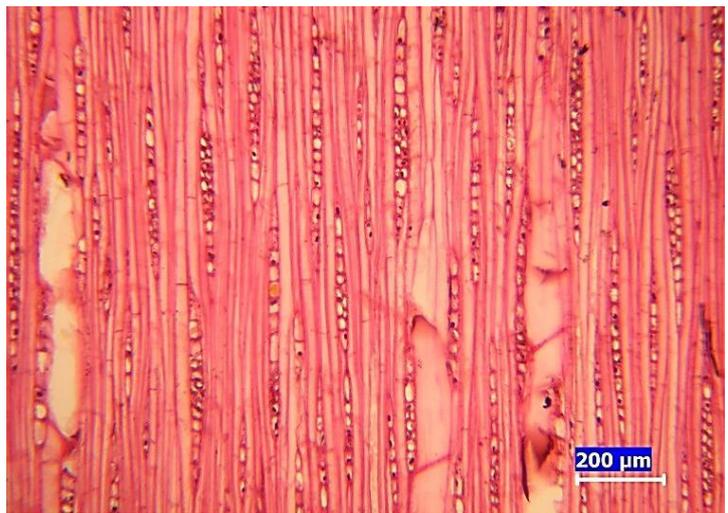
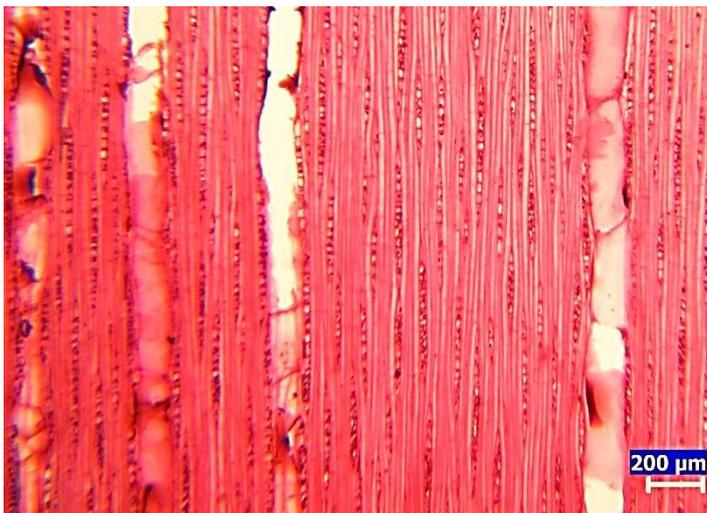
**Figura 20:** Macrofotografía de corte transversal de *Buchenavia amazonia*



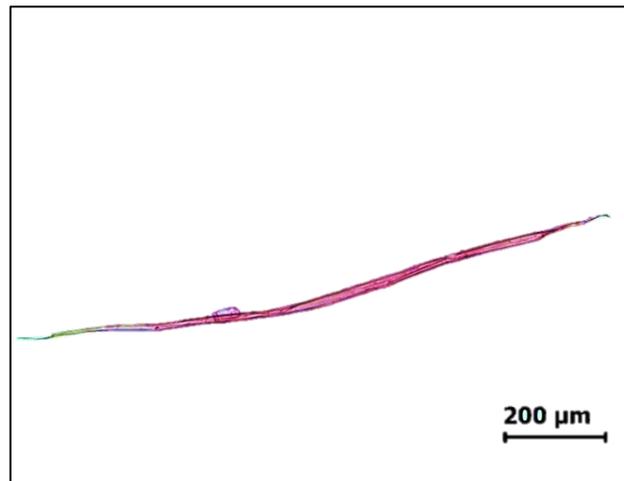
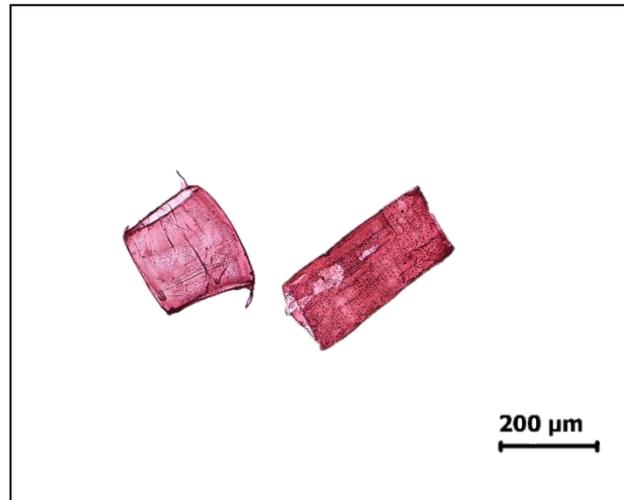
**Figuras 21 y 22. Corte transversal de *Buchenavia amazonia***



**Figura 23: Corte radial de *Buchenavia amazonia***



**Figuras 24 y 25: Corte tangencial de *Buchenavia amazonia***



Figuras 26 y 27: Elemento vascular y fibra de *Buchenavia amazonia*

**Características generales**

En condición verde y seca sin transición entre albura y duramen. De color amarillo pálido 2,5Y 8/4 (Figuras 28 y 29). Anillos de crecimiento diferenciados por bandas claras regulares. Olor y sabor no distintivos; grano entrecruzado, textura media, brillo medio, sin vetado. Madera dura al ser cortada en forma manual con cuchilla en sentido transversal a las fibras.

**Descripción Macroscópica** (Figura 30)

Poros: Visibles a simple vista, mayormente múltiples radiales y solitarios de forma redonda; líneas vasculares irregulares.

Parénquima: No visible con lupa de 10X.

Radios: Visibles con lupa 10X, sin contraste en sección radial; no estratificados.

**Descripción Microscópica**

Poros / Elementos vasculares: Poros difusos, con arreglo radial, mayormente múltiples radiales de dos a tres poros y solitarios de forma ovalada y redonda. Diámetro tangencial promedio 137  $\mu\text{m}$ , clasificados como medianos. En promedio nueve poros/ $\text{mm}^2$ , clasificados como pocos. Longitud promedio de los elementos vasculares 821  $\mu\text{m}$  clasificados como largos, con presencia de apéndices en un extremo de los elementos vasculares (Figuras 36 y 37). Platinas de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas de forma poligonal, con diámetro promedio de cinco  $\mu\text{m}$ , clasificadas como pequeñas; apertura incluida de forma redonda o circular.

Parénquima: Ausente o extremadamente raro (Figuras 31 y 32).

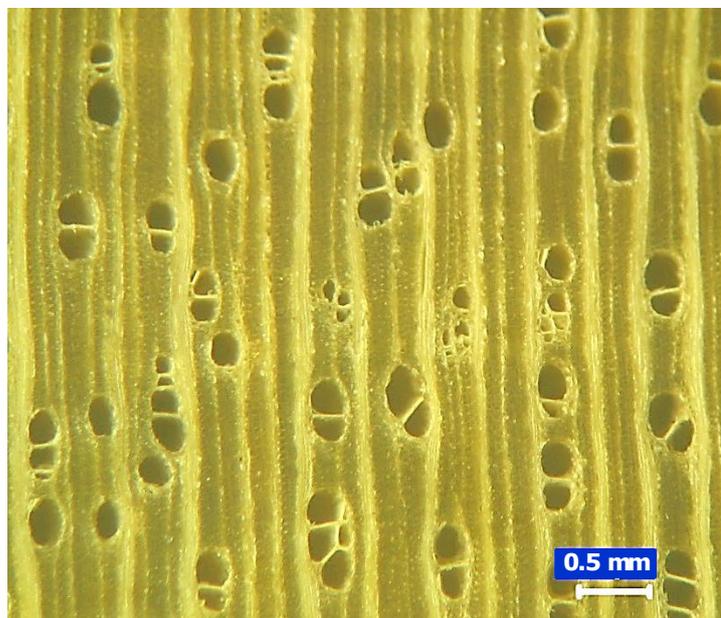
Radios: En sección tangencial de dos tamaños distintos. Altura promedio de radios pequeños 526  $\mu\text{m}$  y los grandes 1678  $\mu\text{m}$ , homogéneos y heterogéneos tipo I, II y III, multiseriados, con ancho promedio de 27  $\mu\text{m}$  para radios pequeños y 64  $\mu\text{m}$  para los radios grandes. En sección radial homocelulares, formado por células erectas o cuadradas; y heterocelulares formado por células procumbentes con más de cuatro líneas marginales de células erectas o cuadradas. En promedio nueve radios/ $\text{mm}$ , clasificados como poco numerosos. Presencia de

radios longitudinalmente fusionados; no estratificados. Punteaduras radiovasculares similares en forma y tamaño a las intervasculares. Presencia de escasos cristales de forma cuadrada y romboides en células erectas y procumbentes, un cristal por cámara (Figuras 33, 34 y 35).

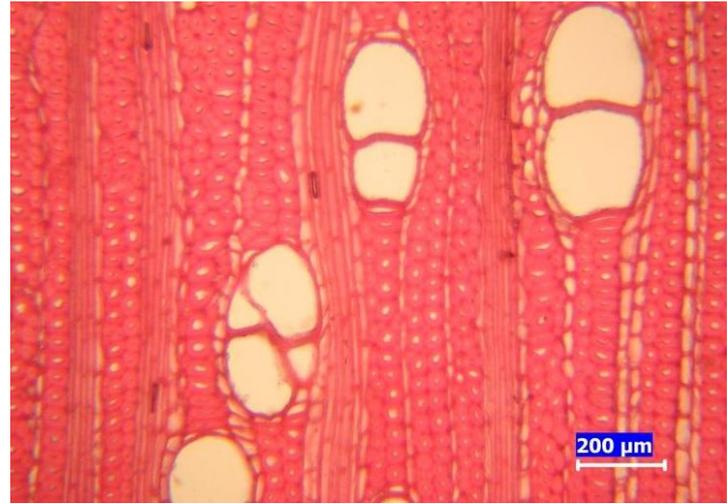
Fibras: Libriformes; longitud promedio de 2358  $\mu\text{m}$ , clasificadas como largas; en promedio 29  $\mu\text{m}$  de diámetro, clasificados como medianas; de paredes gruesas con espesor promedio de 7,6  $\mu\text{m}$ ; no estratificadas; con punteaduras simples o muy poco areolada; fibras septadas, en promedio ocho septas por fibra (Figuras 36 y 37).



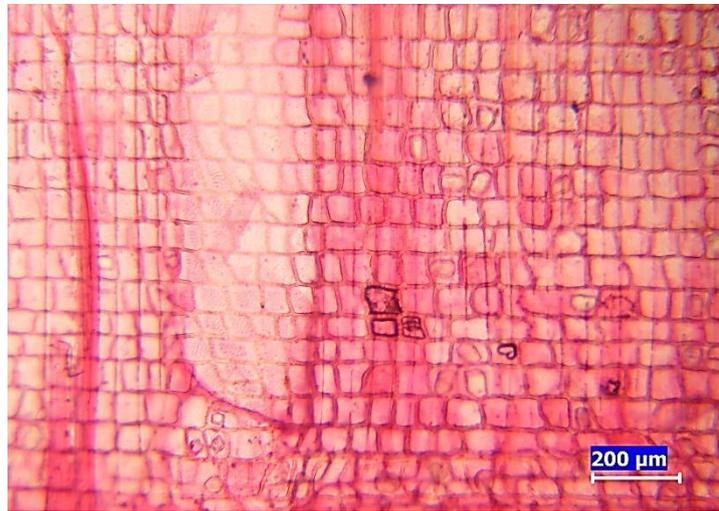
**Figuras 28 y 29:** Madera en corte radial y tangencial de *Laetia procera*



**Figura 30:** Macrofotografía de corte transversal de *Laetia procera*



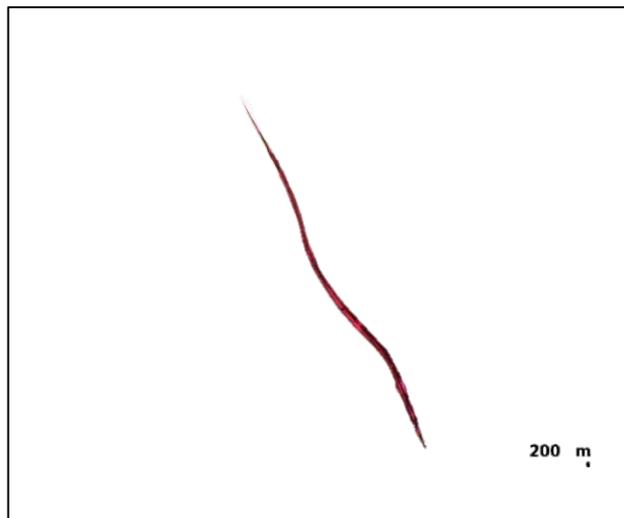
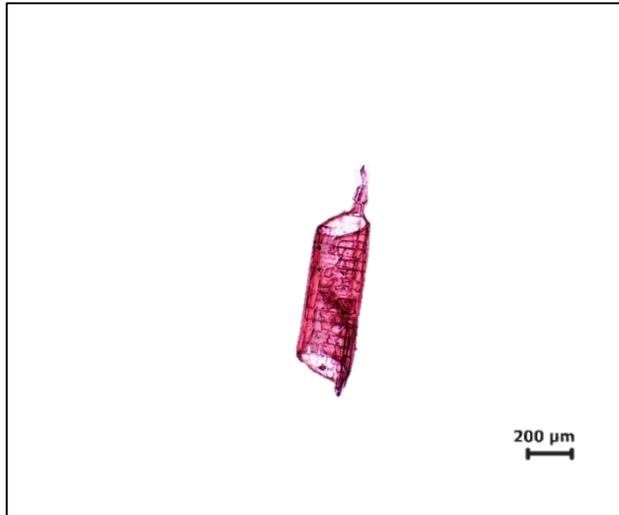
**Figuras 31 y 32:** Corte transversal de *Laetia procera*



**Figura 33:** Corte radial de *Laetia procera*



**Figuras 34 y 35:** Corte tangencial de *Laetia procera*



**Figuras 36 y 37: Elemento vascular y fibra de *Laetia procera***

**Características generales**

En condición verde existe diferencia abrupta de albura a duramen. Albura de color amarillo y el duramen de color marrón oscuro 7,5YR 3/4 (Figuras 38 y 39). En condición seca existe transición gradual entre albura a duramen. La albura es de color marrón claro y el duramen es de color marrón oscuro 7,5YR 3/4. Anillos de crecimiento no diferenciados. Olor y sabor no distintivos; grano entrecruzado, textura media, brillo ausente, no presenta veteado. Decoloraciones por oxidación. Madera dura al ser cortada en forma manual con cuchilla en sentido transversal a las fibras.

**Descripción Macroscópica** (Figura 40)

Poros: Visibles a simple vista, solitarios de forma redonda.

Parénquima: No visible con lupa de 10X.

Radios: Visibles con lupa 10X, sin contraste en sección radial; no estratificados.

**Descripción Microscópica**

Poros / Elementos vasculares: Poros difusos, solitarios de forma redonda y escasos múltiples radiales de dos poros. Diámetro tangencial promedio 111  $\mu\text{m}$ , clasificados como medianos. En promedio 18 poros/ $\text{mm}^2$ , clasificados como pocos. Longitud promedio de los elementos vasculares 585  $\mu\text{m}$  clasificados como medianos, con presencia de apéndices en uno o ambos extremos de los elementos vasculares (Figuras 46 y 47). Platinas de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas de forma redonda, con diámetro promedio de nueve  $\mu\text{m}$ , clasificada como medianas; apertura incluida de forma redonda o circular. Presencia de gomas.

Parénquima: Ausente o extremadamente raro (Figuras 41 y 42).

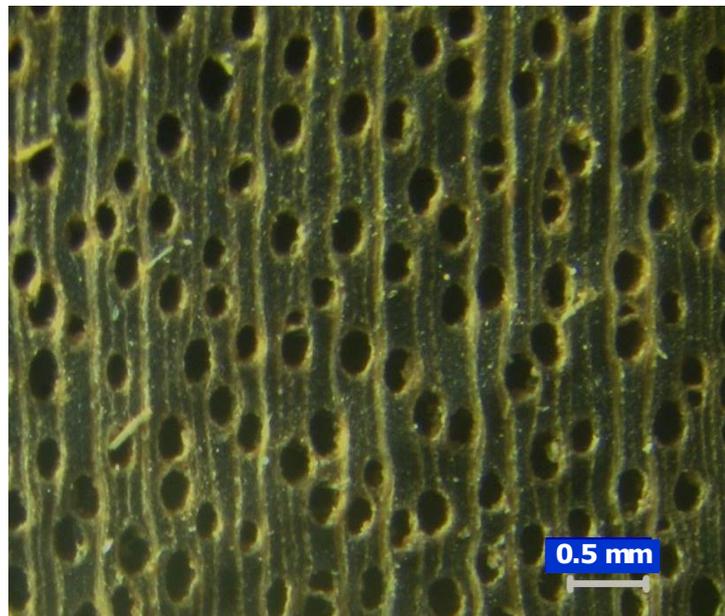
Radios: En sección tangencial altura promedio de 530  $\mu\text{m}$ , clasificados como extremadamente bajos, homogéneos y heterogéneos tipo I, II y III, multiseriados, con ancho promedio de 65  $\mu\text{m}$ , clasificados como finos. En sección radial homocelulares, formado por células erectas o cuadradas; y heterocelulares formado por células procumbentes con más de cuatro líneas marginales de células erectas. En promedio diez radios/ $\text{mm}$ , clasificados como

poco numerosos; no estratificados. Punteaduras radiovasculares con mucha reducción de bordes a aparentemente simple, puntuaciones circulares o angulares. Presencia de escasos cristales de forma cuadrada y romboides en células erectas y procumbentes, tres cristales por cámara. Presencia de gomas (Figuras 43, 44 y 45).

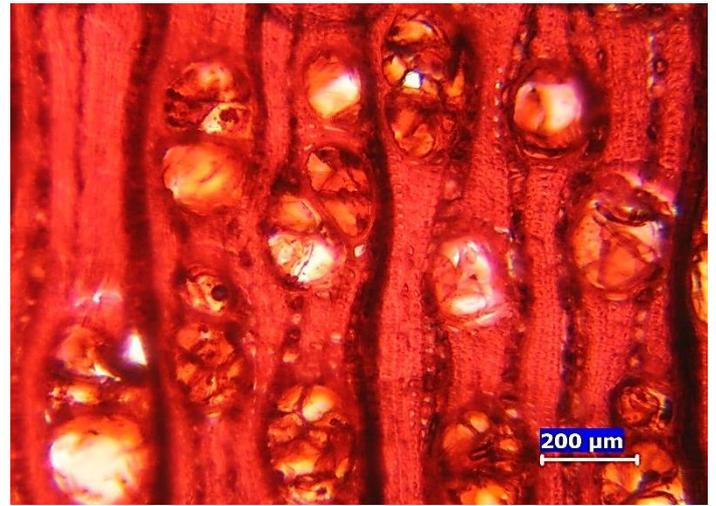
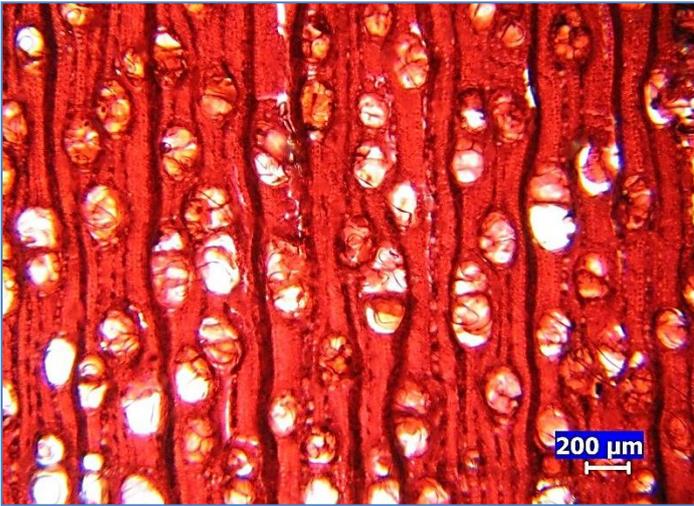
Fibras: Libriformes; longitud promedio de 1753  $\mu\text{m}$ , clasificadas como largas; en promedio 20  $\mu\text{m}$  de diámetro, clasificados como angostas; de paredes gruesas con espesor promedio de cinco  $\mu\text{m}$ ; no estratificadas; con punteaduras poco areolada (Figuras 46 y 47).



**Figuras 38 y 39:** Madera en corte radial y tangencial de *Sloanea laurifolia*



**Figura 40:** Macrofotografía de corte transversal de *Sloanea laurifolia*



Figuras 41 y 42: Corte transversal de *Sloanea laurifolia*

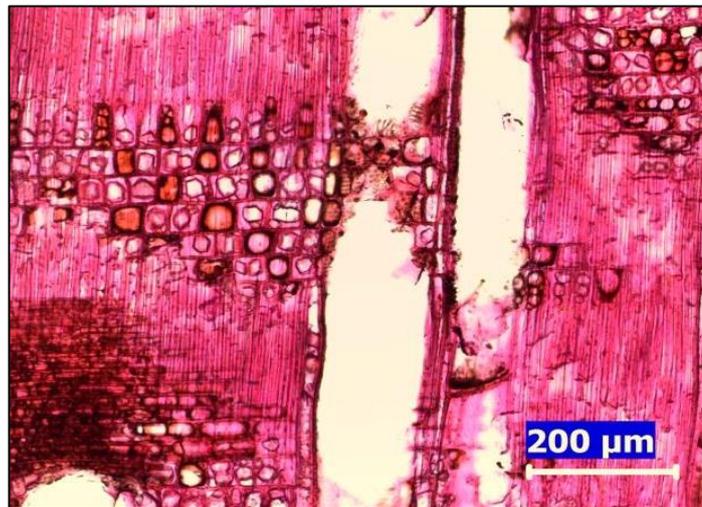
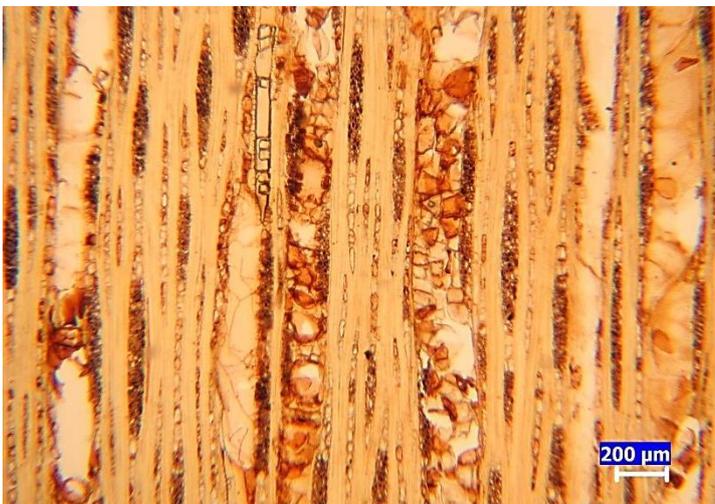
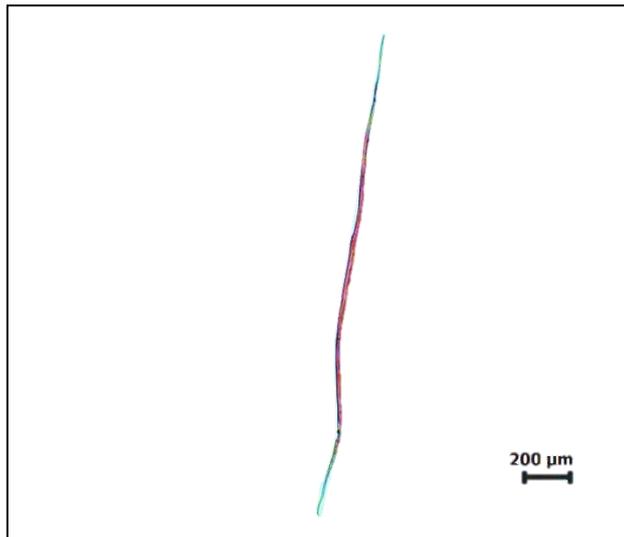
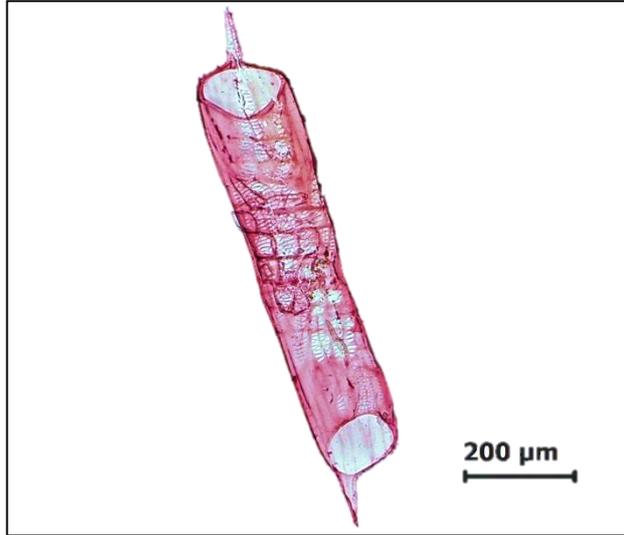


Figura 43: Corte radial de *Sloanea laurifolia*



Figuras 44 y 45: Corte tangencial de *Sloanea laurifolia*



**Figuras 46 y 47: Elemento vascular y fibra de *Sloanea laurifolia***

## **2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En los cuadros 2 y 3 se presenta un resumen de las características generales, macroscópicas y microscópicas para las cinco especies estudiadas.

### **2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES**

De las características generales se puede discutir que:

En relación al tipo de grano; las cinco especies estudiadas presentan grano entrecruzado que según Desch y Dinwoodiem (1996) señalan que cuando es exagerado reduce la resistencia de la madera y además genera dificultades en su transformación.

En cuanto a textura, las especies *Aspidosperma excelsum*, *Licania micrantha* y *Buchenavia amazonia* presentan textura fina; mientras que *Laetia procera* y *Sloanea laurifolia* tienen textura media, ambas características coinciden con lo mencionado por González (s/f), Miller y Détienne (2001) y Souza (2015).

Respecto al veteado, las especies *Licania micrantha* y *Buchenavia amazonia* presentan veteado en arcos superpuestos causado por el parénquima longitudinal y anillos de crecimiento, respectivamente; las otras especies no presentan veteado. Esta característica coincide con lo señalado por González (s/f) para la especie *Buchenavia amazonia*.

### **2.2. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS**

Las especies que presentan poros predominantemente solitarios son *Aspidosperma excelsum*, *Licania micrantha* y *Sloanea laurifolia*; en tanto que *Buchenavia amazonia* y *Laetia procera* presenta poros predominantemente múltiples radiales que coincide con lo mencionado por Détienne y Jacket (1983), Miller y Détienne (2001) y Souza (2015) mientras que no coincide con lo reportado por González (s/f) para *Buchenavia amazonia*, puede deberse a que esta característica es influenciada por el hábitat donde crece el árbol, el agrupamiento de los poros cambia de acuerdo a la necesidad de proporcionar conductos alternativos por donde el agua pueda ser transportado en las mismas vías en caso que uno o varios vasos en un grupo sean incapacitados por embolias de aire debido a sequías o heladas (Carlquist 1984).

A este nivel, el parénquima no es visible aún con lupa de 10X en *Aspidosperma excelsum*, *Buchenavia amazonia*, *Laetia procera* y *Sloanea laurifolia*; siendo visible con lupa 10X en

*Licania micrantha* del tipo bandas angostas resultados que coinciden con lo reportado por Détienne y Jacket (1983), Miller y Détienne (2001) y Souza (2015).

Las especies *Buchenavia amazonia* y *Sloanea laurifolia* presentan inclusiones gomosas. Así mismo, *Licania micrantha* presenta tilosis y sílice que coincide a lo señalado por Détienne y Jacket (1983), González (s/f) y León y Espinoza (2001).

**Tabla 2: Características generales y macroscópicas de las cinco especies estudiadas**

<b>ESPECIES/CARACTERÍSTICAS</b>	<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>								
	<b>COLOR</b>		<b>GRANO</b>	<b>TEXTURA</b>		<b>VETEADO</b>		<b>RESISTENCIA AL CORTE</b>	
	<b>Amarillo</b>	<b>Marrón</b>	<b>Entrecruzado</b>	<b>Fina</b>	<b>Media</b>	<b>Arcos superpuestos</b>	<b>Sin veteado</b>	<b>Dura</b>	<b>Moderadamente dura</b>
<i>Aspidosperma excelsum</i> Benth.	X		X	X			X	X	
<i>Licania micrantha</i> Miq.		X	X	X		X		X	
<i>Buchenavia amazónica</i> Alwan & Stace	X		X	X		X			X
<i>Laetia procera</i> (Pepp.) Eichler	X		X		X		X	X	
<i>Sloanea laurifolia</i> (Benth). Benth		X	X		X		X	X	

(Continuación)

ESPECIES/CARACTERÍSTICAS	CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS															
	POROS				PARÉNQUIMA							RADIOS			OTROS	
	Visibles a simple vista	Visibles con lupa 10X	Pred. Solitarios	Pred. Múltiples radiales	No visible aún con lupa 10X	Visible a simple vista	Visible con lupa 10X	Apotraqueal		Paratraqueal	En Bandas		Visibles a simple vista	Visible con lupa 10X	Poco contrastados	Gomas
							Difuso	Difuso en agregados	Vasicéntrico	Bandas anchas	Bandas angostas					
<i>Aspidosperma excelsum</i> Benth.		X	X		X								X	X		
<i>Licania micrantha</i> Miq.		X	X			X					X		X	X		X
<i>Buchenavia amazónica</i> Alwan & Stace		X		X	X								X	X	X	
<i>Laetia procera</i> (Pepp.) Eichler	X			X	X								X	X		
<i>Sloanea laurifolia</i> (Benth). Benth	X		X		X								X	X	X	

### 2.3. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS

A nivel microscópico, los elementos vasculares en *Buchenavia amazonia* son cortos; en *Laetia procera* son largos y en las otras tres especies son de longitud mediana. Las cinco especies estudiadas presentan platinas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, mientras que en la especie *Buchenavia amazonia* presenta punteaduras ornadas lo cual es señalado por González (s/f). Igualmente, todas las especies presentan apéndices en los elementos vasculares en uno o ambos extremos y solo la especie *Laetia procera* presenta apéndice en un extremo. Carlquist (1988) menciona que las dimensiones de los vasos están relacionadas con la ecología, si bien es cierto hay un componente hereditario, señala que también existe modificación fenotípica si se encuentran diferentes lugares. Elementos vasculares largos están asociados a hábitats húmedos; mientras que las asociaciones entre longitud de los elementos de los vasos y altitud o latitud se deben atribuir a los factores de disponibilidad y temperatura del agua. Wheeler *et al.* (2007) señala que platinas de perforación simples y punteaduras intervasculares alternas son características comunes en maderas duras y en climas tropicales, la alta incidencia de esta característica refleja ventajas hidráulicas sobre platinas de perforación escaleriformes y punteaduras opuestas.

Respecto al parénquima, en *Laetia procera* y *Sloanea laurifolia* el parénquima es ausente o extremadamente raro coincidiendo con lo afirmado por Miller y Détienne (2001) para la primera especie, mientras que para la segunda no coincide con lo descrito por Detienne y Jacquet (1983). En *Aspidosperma excelsum* es apotraqueal difuso y difuso en agregado; en *Licania micrantha* es en bandas angostas y en *Buchenavia amazonia* es paratraqueal vasicéntrico unilateral escaso que concuerda con lo reportado por Souza (2015) y Detienne y Jacquet (1983). Carlquist (1988) menciona además que la ausencia de parénquima representa ser una característica más primitiva en comparación a las que tienden a ser visibles en agregado de células o agrupadas alrededor de los vasos como resultado de un mayor grado de especialización. Las células parenquimáticas se caracterizan por poseer paredes delgadas por lo que un aumento en la proporción de este tejido debe producir un efecto de reducción de la densidad (León 2010).

En radios *Aspidosperma excelsum* y *Licania micrantha* son las únicas cuyos radios son exclusivamente homocelulares conformados por células procumbentes y cuadradas; respectivamente, resultados que lo confirma Souza (2015) para la primera especie, mientras que para la segunda no concuerda con lo reportado por Detienne y Jacquet (1983) que puede

deberse a que esta característica varía según la genética de la especie y por factores ambientales (Morris *et al.* 2015). Las otras tres especies presentan radios homocelulares y heterocelulares coincidiendo con González (s/f), Miller y Détienne (2001) y Detienne y Jacquet (1983); destaca *Laetia procera* por presentar radios de tamaños distintos con presencia de algunos radios fusionados, resultados que coincide con lo descrito en Insidewood (2004). Además, Fujirawa (1992) menciona que la influencia de los radios sobre la densidad depende de la especie y se debe considerar el volumen de los radios, dimensiones de las células radiales y relación del volumen ocupado por células procumbentes y células erectas, afirma que un incremento en el porcentaje de células erectas puede producir una disminución de la densidad.

En cuanto a longitud de fibra, las especies *Laetia procera* y *Sloanea laurifolia* son de fibra larga, mientras que las otras tres especies son de longitud mediana. Asimismo, el espesor de pared en *Buchenavia amazonia* es delgada, en *Laetia procera* y *Sloanea laurifolia* es gruesa y en *Aspidosperma excelsum* y *Licania micrantha* son muy gruesas. Interián *et al.* (2011) señala que las maderas con fibras con paredes gruesas a muy gruesas y con presencia de gomas tienen alta durabilidad natural, resistencia mecánica, resistencia al deterioro o ataque de hongos que causan la pudrición, estas propiedades pueden atribuirse a *Sloanea laurifolia*. Conocer el espesor de pared de las fibras permite predecir la densidad de la madera, es decir, se presenta un incremento en los valores de densidad a medida que aumenta el grosor de paredes de las fibras (Ziemińska *et al.* 2015 y Ishiguri *et al.* 2009). Así mismo, la densidad de la madera y las dimensiones de las fibras están relacionadas con varias propiedades estructurales, físicas y químicas en la madera. Por ende, conocer el espesor de fibra podría ayudar a predecir el comportamiento de la madera en la manufactura de productos maderables, proceso de pulpa, comportamiento en el secado y resistencia al corte y mecanizado (Hughes y Albuquerque-Sardinha, 1975).

Las especies *Buchenavia amazonia* y *Laetia procera* presentan fibras septadas y parénquima paratraqueal vasicéntrico escaso y parénquima ausente o raro, respectivamente. Wheeler *et al.* (2007) señalan que las maderas que poseen fibras septadas presentan parénquima axial raro o ausente o escaso paratraqueal vasicéntrico en lugar de formas más elaboradas lo cual concuerda para ambas especies. Además, Zheng y Martínez (2013) señalan que las fibras septadas cumplen doble función, almacenamiento y soporte mecánico.

Respecto a las inclusiones, *Licania micrantha* presenta tilosis coincidiendo con lo reportado por León y Espinoza (2001), las especies que poseen esta inclusión son destinadas preferentemente para la manufactura de barriles porque obstruye los vasos; además, la presencia de esta característica influye en el tiempo de secado, preservado, estabilidad dimensional, durabilidad natural y resistencia de la madera (Bowyer *et al.* 2003 y Rodríguez *et al.* 2015)

Las especies *Buchenavia amazonia* y *Sloanea laurifolia* presentan gomas, que según Wangaard (1979) y Ninin (1985) mencionado por León y Espinoza (2001) los extractivos ocluyen las membranas de las punteaduras que generalmente reducen el diámetro del lumen y cuya presencia en gran cantidad ocasiona una baja permeabilidad; además, de ocasionar efectos negativos en el proceso de aserrado debido a que interfiere con la evacuación del aserrín. Además, los extractivos en general pueden causar problemas de encolado y obtención de pulpa, las maderas con alto contenido extractivo son menos deseables que "maderas blancas" porque su color aumenta los requerimientos de blanqueo (Jozsa y Middleton, 1994).

En *Licania micrantha* hay la presencia de abundante sílice que coincide con lo señalado por Detienne y Jacquet (1983), cuya presencia en la madera produce desgaste rápido del filo cortante en las máquinas de aserrado, por lo que recomiendan el procesamiento de la madera en condición verde; además de utilizar herramientas estilitadas para una mayor rentabilidad económica (Roig, 2011 y León y Espinoza 2001). Asimismo, Jozsa y Middleton (1994) mencionan que un alto contenido de sílice proporciona una buena protección contra las termitas.

Finalmente, *Aspidosperma excelsum*, *Laetia procera* y *Sloanea laurifolia* presentan cristales que según Rodríguez *et al.* (2015) la formación de cristales en la madera incide en el desgaste de las herramientas de trabajo cuando este es abundante.

Tabla 3: Características microscópicas de las cinco especies estudiadas

ESPECIES/ CARACTERÍSTICAS	VASOS/POROS									PARÉNQUIMA					
	Longitud Elementos Vasculares			Presencia de apéndices	N°/mm <sup>2</sup>			Diámetro poros		Punteaduras intervasculares	Ausente o extremadamente raro	Apotraqueal		Paratraqueal	Bandas Angostas
	Cortos	Medianos	Largos		Pocos	Moderadamente numerosos	Numerosos	Pequeños	Medianos	Punteaduras ornadas		Difuso	Difuso en agregados	Vasicéntrico unilateral	
<i>Aspidosperma excelsum</i> Benth.		X		X			X	X				X	X		
<i>Licania micrantha</i> Miq.		X		X	X			X							X
<i>Buchenavia amazónica</i> Alwan & Stace	X			X		X		X		X				X	
<i>Laetia procera</i> (Pepp.) Eichler			X	X	X				X		X				
<i>Sloanea laurifolia</i> (Benth). Benth		X		X	X				X		X				

(Continuación)

ESPECIES/ CARACTERÍSTICAS	RADIOS								FIBRAS						OTRAS CARACTERÍSTICAS						
	N° radios/mm		Homocelulares	Heterocelulares	Uniseriados	Biseriados	Multiseriados	Radios de 2 tamaños distintos	Tipo de radios			Longitud		Espesor de pared			Septadas	Tilosis	Sílice	Gomas	Cristales
	Poco numerosos	Numerosos							Tipo I	Tipo II	Tipo III	Medianas	Largas	Delgada	Gruesa	Muy gruesa					
<i>Aspidosperma excelsum</i> Benth.	X		X			X						X			X					X	
<i>Licania micrantha</i> Miq.		X	X		X							X			X		X	X			
<i>Buchenavia amazónica</i> Alwan & Stace	X		X	X	X	X				X		X		X		X			X		
<i>Laetia procera</i> (Pepp.) Eichler	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X					X	
<i>Sloanea laurifolia</i> (Benth). Benth	X		X	X	X	X	X		X	X	X		X		X				X	X	

#### 2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS XILEMÁTICOS

En el cuadro 4 se presentan los valores estadísticos de las dimensiones de los elementos xilemáticos para las cinco especies estudiadas. De acuerdo a los coeficientes de variabilidad dado por Rubio (2002), se puede afirmar que el diámetro tangencial de poros en *Laetia procera* presenta datos regularmente homogéneos; mientras que las otras cuatro especies presentan datos regularmente variables a variables. Los datos de longitud de los elementos vasculares en *Buchenavia amazonia* y *Laetia procera* son muy variables; en tanto que los datos de las otras tres especies son variables. Respecto al número de poros/mm<sup>2</sup>, las especies *Buchenavia amazonia* y *Licania micrantha* presentan datos muy variables; mientras que las otras especies presentan datos regularmente variables a variables.

El coeficiente de variabilidad para espesor de pared y diámetro total de las fibras; las cinco especies presentan datos regularmente variables a muy variables; en tanto, para longitud de fibras las especies *Laetia procera* y *Sloanea laurifolia* presentan valores muy homogéneos y las otras tres especies reportan valores regularmente homogéneos.

León y Quintero (2007) señalan que la madera por ser producto del crecimiento de un árbol, cualquier factor que influya sobre el proceso de crecimiento puede producir variaciones en las características de la madera producida, entre los cuales se incluyen la edad o el grado de madurez del cambium, factores ambientales como precipitación, tratamientos silviculturales; así como también factores genéticos. Beery *et al.* (1982) añade que la estructura anatómica y propiedades varían entre especies, entre árboles de la misma especie, e incluso según la posición en el árbol de la muestra extraída.

**Tabla 4: Valores estadísticos de los elementos xilemáticos de las especies**

ESPECIES/VALORES	POROS			RADIOS			FIBRAS			
	Diámetro Tangencial (µm)	Nº/ mm <sup>2</sup>	Longitud de elementos vasculares (µm)	Altura (µm)	Ancho (µm)	Nº/ mm	Diámetro Total (µm)	Diámetro Lumen	Espesor de Pared (µm)	Longitud (µm)
<i>Aspidosperma excelsum</i> Benth.										
Valor promedio	60	56	494	283	23	6	19	5,3	7,0	1520
Valor mínimo	40	23	244	177	17	4	14	0,6	4,3	1206
Valor máximo	82	84	734	441	30	10	27	9,9	10,5	1869
Desv. Estándar	9	12	104	53	3	1	3	2,2	1,2	158
Coefficiente de variabilidad (%)	15	21	21	19	12	20	14	41,7	17,6	10
Intervalo de confianza	60±2	56±2	494±20	283±10	23±1	6±0	19±1	5,3±0,4	7,0±0,2	1520±31
<i>Licania micrantha</i> Miq.										
Valor promedio	67	8	606	325	21	13	20	4,3	7,9	1450
Valor mínimo	40	4	312	119	15	9	13	0,1	5,2	920
Valor máximo	93	14	959	629	32	17	29	9,5	11,1	1868
Desv. Estándar	13	2	142	96	3	1	3	2,3	1,4	167
Coefficiente de variabilidad (%)	20	26	23	30	14	11	17	53,4	17,8	12
Intervalo de confianza	67±3	8±0	606±28	325±19	21±1	13±0	20±1	4,3±0,5	7,9±0,3	1450±33
<i>Buchenavia amazonia</i> Alwan & Stace										
Valor promedio	67	35	287	288	17	11	17	11,4	3,0	1114
Valor mínimo	43	15	102	154	10	8	12	6,6	1,9	806
Valor máximo	92	53	481	466	25	15	24	17,6	4,8	1367
Desv. Estándar	10	11	89	61	3	2	3	2,7	0,6	135
Coefficiente de variabilidad (%)	15	31	31	21	19	14	15	23,9	18,5	12
Intervalo de confianza	67±2	35±2	287±18	288±12	17±1	11±0	17±1	11,4±0,5	3,0±0,1	1114±26
<i>Laetia procera</i> (Pepp.) Eichler										
Valor promedio	137	9	821	526	27	9	29	13,8	7,6	2358
				1678	64					
Valor mínimo	93	5	437	241	8	6	17	4,4	4,7	2002
				834	39					
Valor máximo	181	13	1325	966	69	12	41	26,4	10,8	2695
				2682	112					
Desv. Estándar	19	2	218	160	18	1	6	5,3	1,2	167
				482	12					
Coefficiente de variabilidad (%)	14	17	27	30	66	15	19	38,8	15,3	7
				29	20					
Intervalo de confianza	137±4	9±0	821±43	526±44	27±5	9±0	29±1	13,8±1,0	7,6±0,2	2358±33
				1678±134	64±3					

(Continuación)

ESPECIES/VALORES	POROS			RADIOS			FIBRAS			
	Diámetro Tangencial (μm)	Nº/mm <sup>2</sup>	Longitud de elementos vasculares (μm)	Altura (μm)	Ancho (μm)	Nº/mm	Diámetro Total (μm)	Diámetro Lumen	Espesor de Pared (μm)	Longitud (μm)
<i>Sloanea laurifolia</i> (Benth). Benth										
Valor promedio	111	18	585	530	65	10	20	10	5,0	1753
Valor mínimo	76	10	280	239	35	7	14	5	3,0	1417
Valor máximo	159	28	820	942	90	14	26	15	8,4	2176
Desv. Estándar	17	3	124	141	11	2	3	2	0,9	157
Coefficiente de variabilidad (%)	15	17	21	27	18	15	14	25	19,1	9
Intervalo de confianza	111±3	18±1	585±24	530±28	65±2	10±0	20±1	9,6±0,5	5,0±0,2	1753±31

## 2.5. CLAVES DE IDENTIFICACIÓN

La clave numérica microscópica en base a la clasificación establecida por la International Association of Wood Anatomists (IAWA, 1989) para cada una de las especies, es la siguiente:

*Aspidosperma excelsum* Benth.

2 5 7 9 13 22 24 30 41 49 53 62 66 70 72 76 77 92 93 97 104 115 136 141 183 186 189 192  
196 199

*Licania micrantha* Miq.

2 5 7 9 13 22 25 30 41 47 53 57 62 66 70 72 86 94 96 105 116 159 160 183 186 189 192  
196 197

*Buchenavia amazonia* Alwan & Stace

1 5 7 10 13 22 23 24 30 41 48 52 58 65 69 72 79 97 105 106 115 183 186 189 192 196 199

*Laetia procera* (Pepp.) Eichler

1 5 7 10 13 22 23 25 30 42 47 54 61 65 69 73 75 98 103 105 108 115 136 137 138 183 186  
189 192 196 199

*Sloanea laurifolia* (Benth). Benth

2 5 7 10 13 22 26 31 42 47 53 58 62 66 69 73 75 98 105 108 115 136 137 138 183 186 189  
192 196 197

## V. CONCLUSIONES

- 1) Las cinco especies presentan grano entrecruzado; además *Laetia procera* y *Sloanea laurifolia* poseen textura media, mientras que las especies *Aspidosperma excelsum*, *Licania micrantha* y *Buchenavia amazonia* son de textura fina.
- 2) Las cinco especies se caracterizan por presentar platinas de perforación simple, punteaduras alternas y apéndices en uno o ambos extremos de los elementos vasculares.
- 3) El parénquima en *Laetia procera* y *Sloanea laurifolia* es ausente o extremadamente raro, en *Aspidosperma excelsum* es difuso y difuso en agregado, *Licania micrantha* en bandas delgadas y en *Buchenavia amazonia* paratraqueal vasicéntrico unilateral escaso.
- 4) Las maderas de *Laetia procera* y *Buchenavia amazonia* tienen fibras septadas, esta última especie muestra además punteaduras intervasculares ornadas.
- 5) Las especies *Aspidosperma excelsum* y *Licania micrantha* poseen radios homocelulares y *Buchenavia amazonia*, *Laetia procera* y *Sloanea laurifolia* radios heterocelulares. Asimismo, *Laetia procera* se caracteriza por ser la única especie con radios de dos tamaños distintos y ocasional de radios fusionados.
- 6) En inclusiones la especie *Licania micrantha* dispone de tilosis y abundante sílice; *Buchenavia amazonia* y *Sloanea laurifolia* presentan inclusiones gomosas; además de cristales en *Aspidosperma excelsum*, *Laetia procera* y *Sloanea laurifolia*



## **VI. RECOMENDACIONES**

- Complementar al estudio anatómico de las especies estudiadas con determinaciones de sus propiedades físico mecánicas y químicas para conocer su aptitud de uso.
- Recolectar información de las condiciones de crecimiento de las muestras estudiadas para posteriores estudios en el campo de la dendrocronología y ecología.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, Á. 2012. Anatomia comparada do lenho e do carvão aplicada na identificação de 76 espécies da floresta Amazônica, no estado do Pará, Brasil (en línea). Piracicaba, BR. Consultado 10 abr. 2016. Disponible en <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-20092012-093146/>
- Beery, W; Ifju, G; McLain, T. 1982. Quantitative wood anatomy—relating anatomy to transverse tensile strength (en línea). *Wood and Fiber Science* 15(4):395-407. Consultado 04 feb. 2017. Disponible en <https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/1215>
- Bowyer, J; Shmulsky, R; Haygreen, J. 2003. *Forest Products and Wood Science. An introduction*. 4 ed. Iowa, US. Wiley-Blackwell. 554 p.
- Carlquist, S. 1984. Vessel grouping in Dicotyledon Wood: Significance and relationship to imperforate tracheary elements (en línea). *Aliso* 10(4):505:525. Consultado 11 feb. 2017. Disponible en [http://sherwincarlquist.com/pdf/Vessel-Grouping-in-Dicotyledon-Wood\\_1984.pdf](http://sherwincarlquist.com/pdf/Vessel-Grouping-in-Dicotyledon-Wood_1984.pdf)
- \_\_\_\_\_. 1988. *Comparative Wood Anatomy: Systematic, Ecological, and Evolutionary Aspect of Dicotyledon Wood* (en línea). New York, US. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Consultado 08 feb. 2017. Disponible en [https://books.google.com.pe/books?hl=en&lr=&id=oHz1CAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=S.+Carlquist+Comparative+Wood+Anatomy+\(1988&ots=q6\\_T1ucmJD&sig=5mDAjvareWYIdFicFgo\\_icomPss#v=onepage&q=S.%20Carlquist%20Comparative%20Wood%20Anatomy%20\(1988&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=en&lr=&id=oHz1CAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=S.+Carlquist+Comparative+Wood+Anatomy+(1988&ots=q6_T1ucmJD&sig=5mDAjvareWYIdFicFgo_icomPss#v=onepage&q=S.%20Carlquist%20Comparative%20Wood%20Anatomy%20(1988&f=false)
- COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas, AR). 1972. *Maderas: Métodos para realizar el análisis estadístico de las propiedades de las maderas: Esquema 1° de Norma*. Buenos Aires, AR. COPANT 30:1–12.

- COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas, VE). 1974. Maderas: Método para la descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas de las maderas angiospermas y dicotiledóneas: anteproyecto de Norma. Caracas, VE. COPANT 30:1–019.
- Cury, G. 2001. Descrição da estrutura anatômica do lenho e sua aplicação na identificação de espécies arbóreas do cerrado e da mata Atlântica do Estado de São Paulo (en línea). Piracicaba, BR. Consultado 27 nov. 2016. Disponible en <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-23102002-145402/pt-br.php>
- Cury, G; Tomazello, M. 2011. Descrição Anatômica de Espécies de Madeira Utilizadas na Construção Civil (en línea) Floresta e Ambiente 18(3):227-236. Consultado 17 ago. 2016. Disponible en <http://www.floram.org/files/v18n3/v18n3a1.pdf>
- De Lima, M. 2011. Laminário virtual – UM software para auxílio na identificação de madeiras. Universidade federal do Paraná. Curitiba (en línea). Curitiba, BR. Consultado 07 ago. 2016. Disponible en <http://www.madeira.ufpr.br/tccpublicados/tccmicheletelles.pdf>
- Desch, H; Dinwoodiem, J. 1996. TIMBER Structure, Properties, Conversion and Use (en línea). 7 ed. s.l. Macmillan Education UK. Consultado 25 ene. 2017. Disponible en <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-349-13427-4>
- Détienne, P; Jacket, P. 1983. Atlas D'identification des bois de L'amazonie et des régions voisines. Marne, FR. Centre Technique Forestier Tropical. 82 p.
- Fern, K. 2014. Useful Tropical Plant Database (en línea). Consultado 16 ago. 2016. Disponible en: <http://tropical.theferns.info/>
- Fujirawa, S. 1992. Anatomy and properties of Japanese hardwoods II. Variation of dimensions of ray cells and their relation to basic density (en línea) IAWA Journal no. 4. Consultado 08 ago. 2016. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/237567272\\_Anatomy\\_and\\_Properties\\_of\\_Japanese\\_Hardwoods\\_II\\_Variation\\_of\\_Dimensions\\_of\\_Ray\\_Cells\\_and\\_their\\_Relation\\_to\\_Basic\\_Density](https://www.researchgate.net/publication/237567272_Anatomy_and_Properties_of_Japanese_Hardwoods_II_Variation_of_Dimensions_of_Ray_Cells_and_their_Relation_to_Basic_Density)

- García, L; Guindeo, A; Peraza, C; De Palacios, P. 2003. La madera y su tecnología: Anomalías y defectos, estructura microscópica de coníferas y frondosas, identificación de maderas, descripción de especies y pared celular. Madrid, ES . AITIM. 327 p.
- Gasson, P. 2011. How precise can wood identification be? Wood anatomy's role in support of the legal timber trade, especially cites (en línea). IAWA Journal 32(2):137–154. Consultado 21 ago. 2016. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/287694032\\_How\\_precise\\_can\\_wood\\_identification\\_be\\_Wood\\_anatomy's\\_role\\_in\\_support\\_of\\_the\\_legal\\_timber\\_trade\\_especially\\_cites](https://www.researchgate.net/publication/287694032_How_precise_can_wood_identification_be_Wood_anatomy's_role_in_support_of_the_legal_timber_trade_especially_cites)
- González, I. s/f. Atlas de maderas Selva Central (en línea). s.l. Consultado 20 ago. 2016. Disponible en [https://issuu.com/nicanorebook/docs/atlas\\_de\\_maderas\\_ebook](https://issuu.com/nicanorebook/docs/atlas_de_maderas_ebook)
- Gonçalez, J; Breda, L; Barros, J; Macedo, D; Janin, G; Costa, A; Vale, A. 2006. Características tecnológicas das madeiras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden E *Eucalyptus cloeziana* F. Muell visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira (en línea). Ciência Florestal, Santa Maria 16(3):329-341. Consultado 05 ago. 2016. Disponible en <http://coral.ufsm.br/cienciaflorestal/artigos/v16n3/A8V16N3.pdf>
- Hughes, F; Albuquerque-Sardinha, R. 1975. The application of optical densitometry in the study of wood structure and Properties. (en línea). Journal of Microscopy 104(1):91-103. Consultado 09 feb. 2017. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2818.1975.tb04008.x/abstract>
- IAWA (International Association of Wood Anatomists, NL). 1989. List of Microscopic Features for Hardwood Identification with an appendix on non-anatomical information. Leiden, NL. Boletín 10(3):219–332.
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, BR). 1991. Normas de procedimentos em estudos de anatomia da madeira: I. Angiospermae, II. Gimnosperame. 19 p.
- INSIDEWOOD (Inside Wood Database). 2004. (en línea). Consultado 10 sep. 2016 Disponible en <http://insidewood.lib.ncsu.edu/search>

- Interián, V; Borja, M; Valdez, J; García, E; Romero, A; Vaquera, H. 2011. Características anatómicas y propiedades físicas de la madera de *Caesalpinia gaumeri* Greenm en Dzan, Yucatán (en línea). *Madera y Bosques* 17(1):23-36. Consultado 06 ene. 2017. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/617/61721586002.pdf>
- Ishiguri, F; Hiraiwa, T; Iizuka, K; Yokota, S; Priadi, D; Sumiasri, N; Yoshizawa, N. 2009. Radial variation of anatomical characteristics in *Paraserianthes falcataria* planted in Indonesia (en línea). *IAWA Journal* 30(3):343–352. Consultado 14 ene. 2017. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/265625470\\_Radial\\_Variation\\_of\\_Anatomical\\_Characteristics\\_in\\_Paraserianthes\\_Falcataria\\_Planted\\_in\\_Indonesia](https://www.researchgate.net/publication/265625470_Radial_Variation_of_Anatomical_Characteristics_in_Paraserianthes_Falcataria_Planted_in_Indonesia)
- Jozsa, L; Middleton, G. 1994. A discussion of wood quality attributes and their practical implications (en línea). Vancouver, CA. Consultado 19 ene. 2017. Disponible en [https://www.for.gov.bc.ca/hfp/publications/00032/sp-34%20\(2\).pdf](https://www.for.gov.bc.ca/hfp/publications/00032/sp-34%20(2).pdf)
- León, W. 2010. Anatomía y densidad o peso específico de la madera (en línea). *Revista Forestal Venezolana* 54(1):67-76. Consultado 07 feb. 2017. Disponible en <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/31646/1/ensayo1.pdf>
- \_\_\_\_\_. 2011. Anatomía de la madera de 26 especies del género *Aspidosperma* Mart. (Apocynaceae) (en línea). *Acta Botánica Venezuelica*. 34(1):127-151. Consultado 07 feb. 2017. Disponible en [http://190.169.94.12/ojs/index.php/rev\\_abv/article/view/2952/2823](http://190.169.94.12/ojs/index.php/rev_abv/article/view/2952/2823)
- León, W; Espinoza, N. 2001. Anatomía de la Madera. Mérida, VE. Universidad de los Andes. 396 p.
- León, W; Quintero, M. 2007. Variabilidad de los vasos en *Gmelina arborea* Roxb. (Verbenaceae) proveniente de plantaciones del estado Portuguesa (Venezuela) (en línea). *Revista Forestal Venezolana* 51(1):97-113. Consultado 11 feb. 2017. Disponible en <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/24467/2/articulo10.pdf>
- Mauri, R; Tarcísio, J. 2011. Anatomia Comparada de Três Espécies do Gênero *Vochysia* (en línea). *Floresta e Ambiente* 18(1):69 -79. Consultado 08 ago. 2015. Disponible en <http://www.floram.org/files/v18n1/v18n1a8.pdf>

- Miller, R; Détienne, P. 2001. Major Timber Trees of Guyana. Wood Anatomy (en línea). Tropenbos International. Consultado 08 ago. 2015. Disponible en [www.tropenbos.org/file.php/1625/tbseries-20.pdf](http://www.tropenbos.org/file.php/1625/tbseries-20.pdf)
- Morris, H; Plavcová, L; Cvecko, P; Fichtler, E; Gillingham, M; Martínez, H; McGlenn, D; Wheeler, E; Zheng, J; Ziemińska, K; Jansen, S. 2015. A global analysis of parenchyma tissue fractions in secondary xylem of seed plants (en línea). *New Phytologist* 209(4):1553–1565. Consultado 16 ene. 2017. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.13737/full>
- Munsell Color. 1977. Munsell soil color charts. Baltimore, US.
- Pereira, C. 2005. Anatomia do lenho de *Tibouchina pulchra* Cogn. E *Miconia cinnamomifolia* (DC.) Naud. (Melastomataceae) como registro temporal da poluição atmosférica proveniente do complexo industrial de Cubatão (en línea). São Paulo, BR. Consultado 05 ago. 2016. Disponible en [http://www.ambiente.sp.gov.br/pgibt/files/2013/09/Cristiane\\_Pereira\\_Santos\\_MS.pdf](http://www.ambiente.sp.gov.br/pgibt/files/2013/09/Cristiane_Pereira_Santos_MS.pdf)
- Rodríguez, R; Ramírez, A; Palacios, H; Fuentes, F; Silva, J; Saucedo, A. 2015. Características anatómicas, físico-mecánicas y de maquinado de la madera de mezquite (*Prosopis velutina* Wooton) (en línea). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 6(28):156-173. Consultado 14 feb. 2017. Disponible en [https://issuu.com/cienciasforestales/docs/vol.6\\_no.28](https://issuu.com/cienciasforestales/docs/vol.6_no.28)
- Roig, F. 2011. MADERA Formación, composición y estructura anatómica (en línea). Universidad Nacional de Cuyo – CONICET. Consultado 14 sep. 2016. Disponible en [http://campus.fca.uncu.edu.ar/pluginfile.php/9447/mod\\_resource/content/0/Madera\\_2011.pdf](http://campus.fca.uncu.edu.ar/pluginfile.php/9447/mod_resource/content/0/Madera_2011.pdf)
- Rubio, J. 2002. Estadística. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, PE. 175 p.

- Souza, A. 2015. Anatomia da madeira de quatro espécies de *Aspidosperma* Mart. & Zucc. Comercializadas no estado do Pará, Brasil (en línea). *Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood science)* 6(1):47–62. Consultado 25 ago. 2016. Disponible en <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/view/5444/cienciadamadeirav6n1a6>
- Torezani, W; Aparecida, A. 2010. A madeira e a tradição construtiva capixaba no sec. XIX. Universidade de Federal do Espírito Santo (en línea). Consultado 15 nov. 2016. Disponible en <http://www.iau.usp.br/sspa/arquivos/pdfs/papers/01527.pdf>
- Tsoumis, G. 1968. Wood as raw material. Source, structure, chemical, composition, growth, degradation and identification (en línea). GB. Consultado 19 ago. 2016. Disponible en [https://books.google.com.pe/books?id=Bef9BAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=Bef9BAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Ticiano, T. 2011. Anatomia comparada do lenho de 64 espécies arbóreas de ocorrência natural na floresta tropical amazônica no estado do Pará (en línea). Piracicaba, BR. Consultado 04 abr. 2016. Disponible en <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-02082011-132019/>
- Wangaard, F. 1979. WOOD: Its Structure and Properties. The Pennsylvania State University. US. 465 p.
- Wheeler, E; Baas, P; Rodgers, S. 2007. Variations in dicot wood anatomy: A global analysis based on the Insidewood database (en línea). *IAWA Journal* 28(3):229–258. Consultado 21 mar. 2017. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/239547088\\_Variations\\_In\\_Dicot\\_Wood\\_Anatomy\\_A\\_Global\\_Analysis\\_Based\\_on\\_the\\_Insidewood\\_Database](https://www.researchgate.net/publication/239547088_Variations_In_Dicot_Wood_Anatomy_A_Global_Analysis_Based_on_the_Insidewood_Database)
- Zenid, J; Ceccantini, G. 2007. Identificação macroscópica de madeiras. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado d São Paulo – IPT (en línea). Consultado 28 abr. 2016. Disponible en <http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Apostila-Identifica%20de%20madeiras.pdf>

Zheng, J; Martínez, H. 2013. Wood anatomical correlates with theoretical conductivity and wood density across China: evolutionary evidence of the functional differentiation of axial and radial parenchyma (en línea). *Annals of Botany* 112(5):927-935. Consultado 26 ene. 2017. Disponible en <https://academic.oup.com/aob/article/112/5/927/140030/Wood-anatomical-correlates-with-theoretical>

Ziemińska, K; Westoby, M; Wright, I. 2015. Broad Anatomical Variation within a Narrow Wood Density Range—A Study of Twig Wood across 69 Australian Angiosperms (en línea). Consultado 22 ene. 2017. Disponible en <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0124892>



## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1

#### LISTA DE CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE MADERAS DURAS IAWA (1989)

##### CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS

###### Anillos de crecimiento

1. Anillos de crecimiento diferenciados
2. Anillos de crecimiento no diferenciados

###### Vasos/poros

###### Porosidad

3. Porosidad circular
4. Porosidad semicircular
5. Porosidad difusa

###### Arreglo o disposición de poros

6. Poros en bandas tangenciales
7. Poros en disposición diagonal o radial
8. Poros en disposición dendrítica

###### Agrupamiento de poros

9. Poros exclusivamente solitarios (90% o más)
10. Poros múltiples radiales de 4 o más
11. Poros en racimos o grupos

###### Contorno de poros solitarios

12. Poros solitarios con contorno angular

###### Platinas de perforación

13. Platinas de perforación simple
14. Platinas de perforación escaleriforme
15. Platinas de perforación escaleriforme con  $\leq$  10 barras
16. Platinas de perforación escaleriforme con 10-20 barras
17. Platinas de perforación escaleriforme con 20-40 barras
18. Platinas de perforación escaleriforme con  $\geq$  40 barras

19. Platinas de perforación reticulada, foraminada y/o otros tipos de perforación múltiple

Punteaduras intervasculares: Arreglo y tamaño

20. Punteaduras intervasculares escaleriforme
21. Punteaduras intervasculares opuestas

22. Punteaduras intervasculares alternas

23. Punteaduras intervasculares alternas de forma poligonal

24. Muy pequeñas -  $\leq 4\mu\text{m}$

25. Pequeñas - 4-7 $\mu\text{m}$

26. Medianas - 7-10 $\mu\text{m}$

27. Grandes -  $\geq 10\mu\text{m}$

28. Rango de tamaño punteaduras intervasculares ( $\mu\text{m}$ )

###### Punteaduras ornadas

29. Punteaduras ornadas

###### Punteaduras radiovasculares

30. Punteaduras radiovasculares con bordes diferenciados, similares a las punteaduras intervasculares en forma y tamaño

31. Punteaduras radiovasculares con bordes muy reducidos a aparentemente simple: punteaduras redondas o angulares

32. Punteaduras radiovasculares con bordes muy reducidos a aparentemente simple: punteaduras horizontales (escaleriforme, como un tajo) a vertical (empalizada)

33. Punteaduras radiovasculares de dos tipos o tamaños distintos en la misma célula radial.

34. Punteaduras radiovasculares unilateralmente compuestas y grandes

35. Punteaduras radiovasculares restringidas a hileras marginales

###### Engrosamientos espiralados

36. Engrosamientos espiralados presentes en los elementos vasculares

37. Engrosamientos espiralados en todo el cuerpo de los elementos vasculares

38. Engrosamientos espiralados sólo en las colas de los elementos vasculares

39. Engrosamientos espiralados presentes sólo en los elementos vasculares delgados

Diámetro tangencial promedio de poros

40.  $\leq 50\mu\text{m}$

41. 50-100 $\mu\text{m}$

42. 100-200 $\mu\text{m}$

43.  $\geq 200\mu\text{m}$

44. Promedio,  $\pm$  desviación estándar, rango,  $n = x$

45. Poros de dos clases de diámetros distintas, maderas sin porosidad circular

Poros por milímetro cuadrado

46.  $\leq 5$  poros/ $\text{mm}^2$

47. 5-20 poros/ $\text{mm}^2$

48. 20-40 poros/ $\text{mm}^2$

49. 40-100 poros/ $\text{mm}^2$

50.  $\geq 100$  poros/ $\text{mm}^2$

51. Promedio,  $\pm$  desviación estándar, rango,  $n = x$

Longitud promedio de elementos vasculares

52.  $\leq 350\mu\text{m}$

53. 350-800 $\mu\text{m}$

54.  $\geq 800\mu\text{m}$

55. Promedio,  $\pm$  desviación estándar, rango,  $n = x$

Tilosis y depósitos en vasos

56. Tilosis común

57. Tilosis esclerótica

58. Gomas y otros depósitos en vasos en el duramen

Madera sin poros

59. Madera sin vasos

#### **Traqueidas y fibras**

60. Traqueidas vasicéntricas/vasculares presentes

Fibras de tejido macerado

61. Fibras con punteaduras simples a areoladas con borde reducido

62. Fibras con punteaduras areoladas

63. Punteaduras comunes en las paredes radial y tangencial

64. Engrosamientos espiralados en fibras de tejido macerado

Fibras septadas y bandas de fibras similares parénquima

65. Presencia de fibras septadas

66. Presencia de fibras no septadas

67. Bandas de fibras parecidas a parénquima alternando con fibras ordinarias

Espesor de pared de las fibras

68. Fibras de pared muy delgada

69. Fibras de pared delgada a gruesa

70. Fibras de pared muy gruesa

Longitud promedio de fibras

71.  $\leq 900\mu\text{m}$

72. 900-1600 $\mu\text{m}$

73.  $\geq 1600\mu\text{m}$

74. Promedio,  $\pm$  desviación estándar, rango,  $n = x$

Parénquima longitudinal

75. Parénquima longitudinal ausente o extremadamente raro

Parénquima longitudinal apotraqueal

76. Parénquima longitudinal difuso

77. Parénquima longitudinal difuso en agregados

Parénquima longitudinal paratraqueal

78. Parénquima longitudinal paratraqueal escaso

79. Parénquima longitudinal vasicéntrico

80. Parénquima longitudinal aliforme

81. Parénquima longitudinal aliforme romboide

82. Parénquima longitudinal aliforme en forma de alas

83. Parénquima longitudinal confluyente

84. Parénquima longitudinal paratraqueal unilateral

Parénquima longitudinal en bandas

85. Bandas de parénquima longitudinal de más de 3 células de ancho

86. Parénquima longitudinal en bandas delgadas o líneas hasta 3 células de ancho

87. Parénquima longitudinal reticulado

88. Parénquima longitudinal escaleriforme

89. Parénquima longitudinal marginal o aparentemente en bandas marginales

Tipo de célula/longitud de hilera del parénquima longitudinal

90. Células de parénquima fusiformes

91. Dos células por hilera de parénquima

92. Cuatro (3-4) células por hilera de parénquima

93. Ocho (5-8) células por hilera de parénquima

94. Más de 8 células por hilera de parénquima

95. Parénquima no lignificado

#### **Radios**

Ancho de radios

96. Radios exclusivamente uniseriados

97. Radios con 1-3 células de ancho

98. Radios mayores comúnmente de 4-10 células de ancho

99. Radios mayores comúnmente  $> 10$  células de ancho

100. Radios con porciones multiseriadas tan anchas como las porciones uniseriadas

Radios agregados

101. Radios agregados

Altura de radios

102. Altura de radios > 1 mm  
Radios de dos tamaños distintos
103. Radios de dos tamaños distintos  
Radios: Composición celular
104. Todas las células radiales procumbentes
105. Todas las células radiales erectas y/o cuadradas
106. Cuerpo de células radiales procumbentes con una fila marginal de células erectas y/o cuadradas
107. Cuerpo de células radiales procumbentes con 2-4 hileras marginales de células erectas y/o cuadradas
108. Cuerpo de células radiales procumbentes con más de 4 hileras marginales de células erectas y/o cuadradas
109. Radios con células procumbentes, erectas y cuadradas mezcladas en todo el radio
- Células envolventes
110. Células envolventes
- Células tipo baldosas
111. Células tipo baldosas
- Perforaciones en células radiales
112. Perforaciones en células radiales
- Paredes celulares del parénquima radial separadas
113. Paredes celulares del parénquima radial separadas
- Radios por milímetro
114.  $\leq 4$  /mm
115. 4-12 /mm
116.  $\geq 12$  /mm
- Madera sin radios
117. Madera sin radios
- Estructura estratificada**
118. Todos los radios estratificados
119. Radios menores estratificados, radios mayores no estratificados
120. Parénquima longitudinal y/o elementos vasculares estratificados
121. Fibras estratificadas
122. Radios y/o elementos axiales estratificados irregularmente
123. Número de hileras de radios por mm longitudinal
- Elementos secretorios y variantes cambiales
- Células oleosas y mucilaginosas
124. Células oleosas y/o mucilaginosas asociadas al parénquima radial
125. Células oleosas y/o mucilaginosas asociadas al parénquima longitudinal
126. Células oleosas y/o mucilaginosas presentes entre las fibras  
Canales intercelulares
127. Canales longitudinales en líneas tangenciales largas
128. Canales longitudinales en líneas tangenciales cortas
129. Canales longitudinales difusos
130. Canales radiales
131. Canales intercelulares de origen traumático  
Tubos laticíferos o taniníferos
132. Tubos laticíferos o taniníferos
- Variantes cambiales
133. Floema incluido, concéntrico
134. Floema incluido, difuso
135. Otras variantes cambiales
- Inclusiones minerales**
136. Presencia de cristales prismáticos
137. Cristales prismáticos en células radiales erectas y/o cuadradas
138. Cristales prismáticos en células radiales procumbentes
139. Cristales prismáticos en alineación radial en células radiales procumbentes
140. Cristales prismáticos en cámaras en células erectas y/o cuadradas
141. Cristales prismáticos en células del parénquima longitudinal.
142. Cristales prismáticos en cámaras en células del parénquima longitudinal
143. Cristales prismáticos en fibras
- Drusas
144. Presencia de drusas
145. Drusas en células de parénquima radial
146. Drusas en células de parénquima longitudinal
147. Drusas en fibras
148. Drusas en cámaras
- Otros tipos de cristales
149. Rafidios
150. Cristales aciculares
151. Estiloides y/o cristales elongados
152. Cristales de otras formas (mayormente pequeños)
153. Cristales arenosos
- Otras características de diagnóstico de cristales
154. Más de un cristal del mismo tamaño por célula o cámara
155. Cristales de dos tamaños distintos por célula o cámara
156. Cristales en células agrandadas
157. Cristales en tilosis

- 158. Cistolitos
- Sílice
- 159. Presencia de cuerpos de sílice
- 160. Cuerpos de sílice en células radiales
- 161. Cuerpos de sílice en células de parénquima longitudinal
- 162. Cuerpos de sílice en fibras
- 163. Sílice vítreo

#### **APÉNDICE - información no anatómica**

##### Distribución Geográfica

- 164. Europa y Asia templada (región Brazier y Franklin 74)
  - 165. Europa, excepto el Mediterráneo
  - 166. Mediterráneo incluyendo África del Norte y el Medio Oriente
  - 167. Asia Templada (China), Japón, USSR
- 168. Asia del Sur Central (región Brazier y Franklin 75)
  - 169. India, Pakistán, Sri Lanka
  - 170. Birmania
- 171. Sureste de Asia y el Pacífico (región Brazier y Franklin 76)
  - 172. Tailandia, Laos, Vietnam, Camboya (Indochina)
  - 173. Indonesia, Filipinas, Malasia, Brunei, Papua Nueva Guinea e Islas Salomón
  - 174. Islas del Pacífico (incluyendo Nueva Caledonia, Samoa, Hawai y Fiji)
- 175. Australia y Nueva Zelanda (región Brazier y Franklin 77)
  - 176. Australia
  - 177. Nueva Zelanda
- 178. África Tropical e islas adyacentes (región Brazier y Franklin 78)
- 179. África Tropical
- 180. Madagascar y Mauricio, La Reunión y Comores
- 181. África del Sur (Sur del Trópico de Capricornio) (región Brazier y Franklin 79)
- 182. América del Norte, norte de Méjico (región Brazier y Franklin 80)
- 183. Neotrópico y Brasil templado (región Brazier y Franklin 81)
  - 184. Méjico y América Central
  - 185. El Caribe
  - 186. América del Sur Tropical
  - 187. Sur de Brasil
- 188. América del Sur templado incluyendo Argentina, Chile, Uruguay, Paraguay ((región Brazier y Franklin 82)

##### Hábitat

- 189. Árbol
- 190. Arbusto
- 191. Trepadora/liana
- Madera de importancia comercial
- 192. Madera de importancia comercial
- Densidad Básica
- 193. Densidad básica baja,  $\leq 0.40$
- 194. Densidad básica media,  $0.40-0.75$
- 195. Densidad básica alta,  $\geq 0.75$
- Color del duramen
- 196. Duramen de color más oscuro que la albura
- 197. Duramen básicamente marrón o tono marrón
- 198. Duramen básicamente rojo o tono rojo
- 199. Duramen básicamente amarillo o tono amarillo
- 200. Duramen básicamente blanco a gris
- 201. Duramen con vetas
- 202. Duramen diferente a los de arriba
- Olor
- 203. Olor distinguible
- Fluorescencia del duramen

204. Duramen fluorescente

Extractivos en agua y etanol: fluorescencia y color

205. Extractivo en agua fluorescente

206. Extractivo en agua básicamente sin color a color marrón o tono marrón

207. Extractivo en agua básicamente rojo o tono rojo

208. Extractivo en agua básicamente amarillo o tono amarillo

209. Extractivo en agua diferente a los de arriba

210. Extractivo en etanol fluorescente

211. Extractivo en etanol básicamente sin color a color marrón o tono marrón

212. Extractivo en etanol básicamente rojo o tono rojo

213. Extractivo en etanol básicamente amarillo o tono amarillo

214. Extractivo en etanol diferente a los de arriba

Prueba de espuma

215. Prueba de espuma positiva

Prueba de Cromo Azurol-S

216. Prueba de Cromo Azurol-S positiva

Prueba de combustión de astillas

217. Astillas combustionan hasta carbón

218. Astillas combustionan totalmente hasta cenizas: Color de cenizas blanco brillante

219. Astillas combustionan totalmente hasta cenizas: Color de cenizas amarillo-marrón

220. Astillas combustionan totalmente hasta cenizas: Color de cenizas diferente a las de arriba

221. Astillas combustionan parcialmente hasta cenizas

## ANEXO 2

### CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS LEÑOSOS EN BASE A SUS DIMENSIONES (COPANT, 1974)

#### N° de poros por mm<sup>2</sup>

Muy pocos	<5
Pocos	5 a 20
Moderadamente numeroso	21 a 40
Numerosos	41 a 100
Muy numerosos	>100

#### Longitud de los elementos vasculares

Cortos	<350 um
Medianos	351 a 800 um
Largos	> 800 um

#### Longitud de fibras

Cortas	< 900 um
Medianas	901-1600 um
Largas	> 1600 um

#### Altura de radios

Extremadamente bajos	menos de 600 um
Bajos	600-2000 um
Medianos	2000-5000 um
Altos	5000-10000 um
Muy altos	> 10000

#### Diámetro de poros

Muy pequeños	< 50 um
Pequeños	50 < 100 um
Medianos	101 < 200 um
Grandes	> 200 um

#### N° de radios/ mm

Pocos	<4
Pocos numerosos	4 a 11
Numerosos	>11

#### Diámetros de fibras

Angostas	< 25 um
Medianas	25-40 um
Anchas	> 40 um

#### Ancho de radios

Muy finos	< 50 um
finos	51- 100 um
Medianos	101-200 um
Anchos	> 200 um

#### Espesor de pared de las fibras (um)

Muy gruesa	Cuando el diámetro del lumen es menor a 1/3 del diámetro total
Gruesa	Cuando el diámetro del lumen es de 1/3 a 1/2 del diámetro total
Delgada	Cuando el diámetro del lumen es de 1/2 a 3/4 del diámetro total
Muy delgada	Cuando el diámetro del lumen es mayor de 3/4 del diámetro total

### ANEXO 3

**TABLA DE COEFICIENTE DE VARIABILIDAD ESTABLECIDA POR RUBIO  
(2002)**

<b>CV (%)</b>	<b>GRADO DE VARIABILIDAD</b>
$0 < CV < 10$	Datos muy homogéneos
$10 \leq CV < 15$	Datos regularmente homogéneos
$15 \leq CV < 20$	Datos regularmente variables
$20 \leq CV < 25$	Datos variables
$CV \geq 25$	Datos muy variables

