

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**“CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA Y DETERMINACIÓN DE  
ÍNDICES DE VULNERABILIDAD Y MESOMORFIA EN CINCO  
ESPECIES DE LA AMAZONÍA PERUANA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL**

**ANGUELA CARIBE LARREA SUÁREZ**

**LIMA – PERÚ**

**2022**

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

## Document Information

Analyzed document	Tesis Angela Larrea versión final.pdf (D154290821)
Submitted	12/21/2022 11:15:00 PM
Submitted by	Manuel Chavesta Custodio
Submitter email	mchavesta@lamolina.edu.pe
Similarity	7%
Analysis address	mchavesta.unalm@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

<b>W</b>	URL: <a href="https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/sd-1-anatomia-de-madera.pdf">https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/sd-1-anatomia-de-madera.pdf</a> Fetched: 12/21/2022 11:16:00 PM	 2
<b>SA</b>	<b>TESIS IZAMAR VERDUGA F-1(1)...docx</b> Document TESIS IZAMAR VERDUGA F-1(1)...docx (D72994486)	 1
<b>SA</b>	<b>JENNYFER ALVARADO.docx</b> Document JENNYFER ALVARADO.docx (D111213130)	 1
<b>SA</b>	<b>FreddySarango.doc.docx</b> Document FreddySarango.doc.docx (D98593678)	 8
<b>W</b>	URL: <a href="https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/571598/02._Identificacion.pdf">https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/571598/02._Identificacion.pdf</a> Fetched: 12/21/2022 11:16:00 PM	 4
<b>W</b>	URL: <a href="http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v12n1/v12n1a13.pdf">http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v12n1/v12n1a13.pdf</a> Fetched: 12/21/2022 11:16:00 PM	 2
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.redalyc.org/pdf/862/86228206.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/862/86228206.pdf</a> Fetched: 12/21/2022 11:16:00 PM	 6
<b>SA</b>	<b>CARPIO- IFMA.pdf</b> Document CARPIO- IFMA.pdf (D45487601)	 2
<b>SA</b>	<b>Universidad Nacional Agraria La Molina / 51279_Manuscrito_[RFP]_Somenido.docx</b> Document 51279_Manuscrito_[RFP]_Somenido.docx (D144473812) Submitted by: rfernandez@lamolina.edu.pe Receiver: rfernandez.unalm@analysis.arkund.com	 4
<b>SA</b>	<b>UNU_FORESTAL_2019_T_ALICEVASQUEZ_V1.pdf</b> Document UNU_FORESTAL_2019_T_ALICEVASQUEZ_V1.pdf (D46779919)	 1
<b>SA</b>	<b>EDISON GUANOTUÑA.docx</b> Document EDISON GUANOTUÑA.docx (D111040918)	 2

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**“CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA Y DETERMINACIÓN DE  
ÍNDICES DE VULNERABILIDAD Y MESOMORFIA EN CINCO  
ESPECIES DE LA AMAZONÍA PERUANA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL**

**ANGUELA CARIBE LARREA SUÁREZ**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

.....  
Ing. Florencio Trujillo Cuéllar, Dr.  
Presidente

.....  
Ing. Aldo Joao Cárdenas Oscanoa, Mg.Sc.  
Miembro

.....  
Ing. Martín Araujo Flores, Mg.Sc.  
Miembro

.....  
Ing. Manuel Chavesta Custodio, Dr.  
Asesor

.....  
Ing. Rolando Antonio Montenegro Muro, Mg.Sc.  
Co Asesor

## **DEDICATORIA**

*A Dios por permitirme cumplir mis sueños.*

*A mi mamá María y a mi mamita Primitiva por ser los pilares de mi vida y enseñarme a tener la fortaleza de salir adelante sin importar los obstáculos.*

*A Sofía y Mathías, mis grandes motores, recuerden siempre que no importa cuán largo sea el camino, lo importante es llegar a la meta.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Mi más sincero agradecimiento al Dr. Manuel Chavesta Custodio y al Mg. Sc. Rolando Antonio Montenegro Muro por su asesoramiento, recomendaciones y todo el apoyo brindado que hizo posible la realización del presente trabajo de investigación.*

*Al señor David por su apoyo brindado en el laboratorio durante el desarrollo de la tesis.*

*A mis padres, por incentivarne y porque nunca dejaron de creer en mí.*

*A Alberto Phillips, mi compañero de vida, por ser mi soporte y motivarme cada día a ser mejor.*

*A Sofía y Mathías, gracias hijitos por la paciencia y regalarme parte del tiempo que era para ustedes.*

*A mis primos Misky y Lalo por estar siempre pendientes y prestos a apoyarme.*

*Gracias Mamita Primj por iluminarme desde el cielo.*

# ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>RESUMEN.....</b>	<b>X</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XI</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>2</b>
2.1. Anatomía de la madera.....	2
2.2. Índice de Vulnerabilidad e Índice de Mesomorfia .....	5
2.3. Descripción de las especies.....	6
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>11</b>
3.1. Lugar de ejecución.....	11
3.2. Selección y colección de muestras .....	11
3.3. Materiales y equipos .....	12
3.3.1. Herramientas para la preparación de cubos .....	12
3.3.2. Materiales de laboratorio .....	12
3.3.3. Equipos de laboratorio .....	12
3.4. Estudio anatómico .....	13
3.4.1. Caracterización macroscópica .....	13
3.4.2. Caracterización microscópica .....	13
3.4.3. Registro de imágenes .....	17
3.4.4. Evaluación de resultados .....	17
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>19</b>
4.1. Descripción de las especies .....	19
4.2. Índices ecológicos de vulnerabilidad y mesomorfia.....	44
4.3. Discusión .....	44
4.3.1. Características generales .....	44
4.3.2. Características macroscópicas .....	45
4.3.3. Características microscópicas .....	47
4.3.4. Análisis de la variabilidad de los elementos xilemáticos .....	50
4.3.5. Índices de vulnerabilidad y mesomorfia .....	52

<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>54</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>56</b>
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>57</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>62</b>
	Anexo 1. Clasificación de elementos leñosos en base a sus dimensiones – según IAWA.....	62
	Anexo 2. Tabla de coeficiente de variabilidad establecido por Rubio .....	64

## *Índice de tablas*

	Página
Tabla 1: Especies que se utilizaron en el presente estudio .....	11
Tabla 2: Valores de Índice de vulnerabilidad y mesomorfia para cada especie .....	44
Tabla 3: Características generales y macroscópicas de las cinco especies estudiadas .....	46
Tabla 4: Características microscópicas de las cinco especies estudiadas .....	49
Tabla 5: Datos estadísticos de las cinco especies estudiadas .....	51

## Índice de figuras

	Página
Figura 1: Pasos para la caracterización microscópica .....	16
Figura 2: Madera en corte tangencial y radial de <i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> .....	21
Figura 3: Foto macroscópica transversal de <i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> .....	21
Figura 4: Corte transversal de <i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> .....	22
Figura 5: Corte radial de <i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> .....	22
Figura 6: Corte tangencial de <i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> .....	22
Figura 7: Elemento vascular de <i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> .....	23
Figura 8: Fibra de <i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> .....	23
Figura 9: Madera en corte tangencial y radial de <i>Couratari guianensis</i> .....	26
Figura 10: Foto macroscópica transversal de <i>Couratari guianensis</i> .....	26
Figura 11: Corte transversal de <i>Couratari guianensis</i> .....	27
Figura 12: Corte radial de <i>Couratari guianensis</i> .....	27
Figura 13: Corte tangencial de <i>Couratari guianensis</i> .....	27
Figura 14: Elemento vascular de <i>Couratari guianensis</i> .....	28
Figura 15: Fibra y presencia de fibras septadas en <i>Couratari guianensis</i> .....	28
Figura 16: Madera en corte tangencial y radial de <i>Micropholis guyanensis</i> .....	31
Figura 17: Foto macroscópica transversal de <i>Micropholis guyanensis</i> .....	31
Figura 18: Corte transversal de <i>Micropholis guyanensis</i> .....	32
Figura 19: Corte radial de <i>Micropholis guyanensis</i> .....	32
Figura 20: Corte tangencial de <i>Micropholis guyanensis</i> .....	32
Figura 21: Elemento vascular de <i>Micropholis guyanensis</i> .....	33
Figura 22: Madera en corte tangencial y radial de <i>Trattinnickia peruviana</i> .....	36
Figura 23: Foto macroscópica transversal de <i>Trattinnickia peruviana</i> .....	36
Figura 24: Corte transversal de <i>Trattinnickia peruviana</i> .....	37
Figura 25: Corte radial de <i>Trattinnickia peruviana</i> .....	37
Figura 26: Corte tangencial de <i>Trattinnickia peruviana</i> .....	37
Figura 27: Elemento vascular de <i>Trattinnickia peruviana</i> .....	38
Figura 28: Punteaduras intervasculares alternas de forma ovalada y punteaduras intervasculares escalariiformes de <i>Trattinnickia peruviana</i> .....	38

Figura 29: Fibra y presencia de fibras septadas en <i>Trattinnickia peruviana</i> .....	38
Figura 30: Madera en corte tangencial y radial de <i>Ziziphus cinnamomum</i> .....	41
Figura 31: Foto macroscópica transversal de <i>Ziziphus cinnamomum</i> .....	41
Figura 32: Corte transversal de <i>Ziziphus cinnamomum</i> .....	42
Figura 33: Corte radial de <i>Ziziphus cinnamomum</i> .....	42
Figura 34: Corte tangencial de <i>Ziziphus cinnamomum</i> .....	42
Figura 35: Elemento vascular de <i>Ziziphus cinnamomum</i> .....	43
Figura 36: Boxplot del índice de vulnerabilidad para las cinco especies .....	52
Figura 37: Boxplot del índice de mesomorfia para las cinco especies.....	53

## RESUMEN

La presente investigación tiene como propósito la caracterización anatómica y la determinación de los índices de vulnerabilidad (IV) y mesomorfía (IM) de las especies forestales *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Couratari guianensis*, *Micropholis guyanensis*, *Trattinnickia peruviana* y *Ziziphus cinnamomum*, provenientes de la Amazonía peruana. La descripción comprende características anatómicas cualitativas y cuantitativas de los elementos xilemáticos, basados conforme a los lineamientos establecidos por IAWA (1989) e IBAMA (1992). Las especies presentaron como características comunes porosidad difusa, platinas de perforación simple, presencia de apéndice en los vasos y punteaduras intervasculares alternas. Algunas características distintivas de cada especie fueron el parénquima difuso en *Aspidosperma cylindrocarpon* y difuso en agregados en *Trattinnickia peruviana*; aliforme y aliforme confluyente en *Ziziphus cinnamomum*: en bandas tipo reticulado en *Couratari guianensis* y en bandas delgadas en *Micropholis guyanensis*. Presencia de punteaduras intervasculares escaleriformes en *Trattinnickia peruviana*; presencia de radios fusionados en *Micropholis guyanensis* y *Trattinnickia peruviana*. Resalta la presencia de tilosis y cristales en *Couratari guianensis*, *Trattinnickia peruviana* y *Ziziphus cinnamomum* y sílice en *Couratari guianensis*. Las cinco especies corresponden a maderas mesomórficas, siendo eficientes en la conducción hídrica, pero vulnerables a la cavitación.

Palabras clave: anatomía de la madera, xilema, índice de vulnerabilidad, índice de mesomorfía, estrés hídrico

## ABSTRACT

The purpose of this research is the anatomical characterisation and determination of the vulnerability (IV) and mesomorphy (MI) indices of the forest species *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Couratari guianensis*, *Micropholis guyanensis*, *Trattinnickia peruviana* and *Ziziphus cinnamomum* from the Peruvian Amazon. The description includes qualitative and quantitative anatomical characteristics of the xylem elements, based on the guidelines established by IAWA (1989) and IBAMA (1992). Common characteristics of the species were diffuse porosity, simple perforation plates, presence of appendages in the vessels and alternate intervessel pits. Some distinctive features of each species were diffuse parenchyma in *Aspidosperma cylindrocarpon* and diffuse in aggregates in *Trattinnickia peruviana*; aliform and confluent aliform in *Ziziphus cinnamomum*; reticulate bands in *Couratari guianensis* and thin bands in *Micropholis guyanensis*. Scaleriform intervessel pits present in *Trattinnickia peruviana*; fused rays present in *Micropholis guyanensis* and *Trattinnickia peruviana*. The presence of tyloses and crystals in *Couratari guianensis*, *Trattinnickia peruviana* and *Ziziphus cinnamomum* and silica in *Couratari guianensis* is noteworthy. All five species are mesomorphic woods, efficient in water conduction, but vulnerable to cavitation.

Keywords: wood anatomy, xylem, vulnerability index, mesomorphy index, water stress.

## I. INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales del Perú cuentan con una gran variedad de especies forestales, de las cuales pocas han sido estudiadas a nivel anatómico y ecoanatómico.

La caracterización anatómica de la madera juega un papel fundamental para la investigación básica y aplicada y es el punto de partida en el proceso industrial, para el conocimiento y promoción de nuevas especies en el mercado, de tal manera que se pueda mantener un equilibrio, permitiendo la sostenibilidad de nuestro recurso y revalorizando nuestros bosques.

Por otra lado es interesante conocer la relación que existe entre la morfología de los elementos vasculares y los factores climáticos de la zona donde crecen; por estudios anteriores se sabe que las plantas podrían desarrollar estrategias adaptativas en su anatomía lo cual contribuiría al éxito de su desarrollo en condiciones particulares; el estudio de dichos comportamientos contribuiría como una guía de desarrollo para posibles plantaciones, así como un recurso bibliográfico de estudio.

El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar anatómicamente y determinar los índices de vulnerabilidad y mesomorfia de las especies: *Aspidosperma cylindrocarpon* (Pumaquiro), *Couratari guianensis* (Cachimbo colorado), *Micropholis guyanensis* (Caimitillo), *Trattinnickia peruviana* (Copal), *Ziziphus cinnamomum* (Palo pajarito) provenientes de la Amazonía peruana, con la finalidad de poder generar información que contribuya al conocimiento de dichas especies.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Anatomía de la Madera

Baraño *et al* (2008) señalan que la madera es uno de los materiales más nobles con que ha contado el hombre desde su aparición en la tierra. Es fuerte, sólida y flexible. Es de los primeros elementos que sirvieron para confección de herramientas, armas, navíos, viviendas.

Portal y Sánchez (2010) citan a Valderrama, y señalan que la anatomía de la madera comprende: anatomía sistemática, la anatomía aplicada y la anatomía tecnológica. La primera comprende la investigación de especies maderables y se basa en las características anatómicas, permitiendo elaborar claves de identificación. La segunda, estudia la influencia de la estructura anatómica en las propiedades tecnológicas de la madera. Asimismo, la anatomía tecnológica reorienta la investigación básica y aplicada; a fin de priorizar en detalle todos los aspectos de uso que posee la madera por sus cualidades basados en su estructura anatómica.

Un punto importante en el estudio de la madera es la caracterización anatómica, Grande y Polanco (2007) afirman que constituye el punto de partida para las diversas investigaciones, que conlleven, por ejemplo, a conocer el funcionamiento de los organismos vegetales, su comportamiento asociativo y su relación con el medio ambiente.

León y Espinoza (2001) sostienen que la estructura de la madera juega un papel importante en procesos de identificación, especialmente en aquellos casos en donde se poseen muestras botánicas incompletas. En productos madereros elaborados, semielaborados o en patios de almacenamiento

de zonas de explotación, la anatomía de la madera se convierte en la única herramienta posible para ubicar determinadas muestras en sus respectivos grupos taxonómicos.

Polanco *et al* (2014) mencionan que la importancia de realizar la descripción anatómica de una especie radica en el conocimiento que se ofrece de esta y de la cual la información es bastante limitada y más aún cuando se trata de nuevas especies, permitiendo de este modo asignar un uso potencial a especies con características similares que puedan ser utilizadas sustituyendo y disminuyendo así la presión sobre otras especies. Asimismo, De Lima (2011) indica que la identificación de las maderas se basa en el análisis de las estructuras macroscópicas y microscópicas que la componen, siendo esta última la más favorable para el reconocimiento ya que logra un alcance real para la comercialización y la industria de la madera.

Moglia *et al* (2005), sostiene que la estructura de la madera proviene del resultado de la influencia de factores tanto intrínsecos (genéticos) como extrínsecos (ambientales). La intensidad y naturaleza de estos factores sobre los elementos anatómicos puede inferir de acuerdo con la especie o género.

Los elementos anatómicos de la estructura de la madera importantes para realizar una buena caracterización son: los vasos, el parénquima y los radios.

Gutiérrez (2011) señala que los vasos son células que caracterizan a las maderas de latifoliadas, dichas células se encuentran dispuestas en dirección longitudinal y son responsables de la conducción de la sabia absorbida por las raíces, están formadas por el empalme longitudinal de células, las cuales reciben el nombre de elemento vascular. La unión de los vasos consecutivos se da a través de las perforaciones con las que cuentan los elementos vasculares; se dice que el tipo de perforación que presenta una especie es un indicador de su evolución vegetal y entre ellos se tiene a las perforaciones simples, escaliformes y reticulada.

El parénquima es el tejido que se encuentra en la madera en sentido longitudinal (parénquima axial) y/o transversal (parénquima radial), cuya principal función es el almacenamiento y conducción de sustancias alimenticias. La cantidad de parénquima axial es variable entre especies, en algunas se

encuentra presente en grandes cantidades y en otras se encuentra muy poco o está ausente, y puede ser de diferentes tipos. Esta variación en cantidad y en tipo de parénquima, es de gran ayuda en la identificación de maderas latifoliadas (León y Espinoza, 2001).

Moglia *et al* (2005) señala que los radios tienen la función de almacenamiento y conducción transversal de las sustancias nutritivas; entre especies presentan variedad en cuanto a tamaño, forma y números de células, por lo que junto a los elementos anteriores resulta ser de gran ayuda en la diferenciación de maderas. Los radios pueden ser homogéneos, es decir formados por un único tipo de células o heterogéneos formados por más de un tipo de células, asimismo ambos tipos radios pueden ser uniseriados, es decir constituidos por una hilera de células en la sección tangencial; o multiseriados formados por más de una hilera de células en la sección tangencial.

Lujan y Chavesta (2009) citan a León y Espinoza, e indican que, la densidad de la madera está directamente relacionado con la estructura de la madera, especialmente con el espesor de pared de fibras y dependerá también de la cantidad de células parenquimáticas y extractivos presentes en su estructura.

Las inclusiones que presenta la madera influyen directamente en la calidad del secado, el aserrío, trabajabilidad y acabado de la madera; En el secado la presencia de tilosis, gomas y aceites dificultan la salida de agua de los elementos vasculares, impidiendo que se logre secar totalmente la madera. El sílice en el aserrío acelera el desgaste de los elementos de corte, disminuyendo su vida útil y reduciendo la calidad de las superficies de la madera, las gomas se adhieren en los dientes y filos de los elementos de corte interfiriendo en la evacuación del aserrín y la viruta ocasionando una fricción excesiva que podría quemar la superficie de la madera. Las inclusiones retardan el secado del material de acabado e incluso afloran hacia la parte externa de la madera ocasionado aglobamiento (González, 2008).

Finalmente, desde el punto de vista económico, la identificación de maderas juega un papel importante en la comercialización de productos, ya que muchas veces se comercializan maderas bajo el nombre de otras con apariencia similar, pero de mayor valor comercial y, por lo tanto, a precios mayores al que les corresponde (León y Espinoza, 2001).

## **2.2. Índice de Vulnerabilidad e Índice de Mesomorfia**

La ecoanatomía estudia la relación que existe entre la estructura anatómica de la madera y las características del sitio donde esta se desarrolla. Parra (2010) menciona que las plantas que se encuentran en determinado lugar y debido a las condiciones ambientales de humedad y temperatura, deben desarrollar estrategias adaptativas en la anatomía del leño que ha contribuido al éxito de su desarrollo en esas condiciones particulares. De igual modo Grande y Polanco (2009) afirman que, las condiciones ambientales presentan una influencia directa sobre la estructura anatómica de la madera, pudiéndose encontrar especies que muestran una alta variabilidad, por ejemplo en cuanto a tipo de porosidad, debido a la variación ambiental.

Para ello existen dos índices provenientes del estudio de la anatomía de la madera y que son importantes para comprender la relación que existe entre la ecología y la adaptabilidad de una especie.

Carlquist (1977) señala que existe una correlación entre la morfología de los elementos vasculares con las precipitaciones, temperatura y otros factores ecológicos, desarrollando dos indicadores de gran fiabilidad; el índice de vulnerabilidad y el índice de mesomorfia, los cuales asocian la anatomía del xilema con el hábitat donde se desarrollan.

León (2005), señala que estos índices buscan determinar el grado de seguridad en la conducción o eficiencia al transporte de agua que presentan los elementos de conducción que se desarrollan en un medio determinado. A la vez indica que estos índices son los únicos que se han propuesto para determinar la relación de elementos de conducción con el medio donde crece la planta e indica que tanto la eficiencia o máxima conductividad como la seguridad están fuertemente relacionadas con el diámetro y frecuencia de vasos.

Parra (2010) menciona que cuando el índice de vulnerabilidad es mayor a 1, estas especies son vulnerables a la cavitación, es decir frágiles a romper la conducción de agua; esto puede deberse a la presencia de estrés hídrico, lo que ocasiona el ingreso de aire al conducto vascular rompiendo la conducción agua y provocando el colapso de la madera. Y cuando el índice de vulnerabilidad es menor a la unidad son especies seguras a la conducción de agua. Asimismo, señala que cuando el índice de mesomorfia presenta un valor mayor a 200 las maderas son mesomórficas por lo tanto son eficientes en el transporte de agua, pero presentan poca seguridad a la conducción y cuando

los valores van por debajo de 200 corresponden a maderas xeromórficas los cuales presentan mayor seguridad en la conducción y poca eficiencia en el transporte de agua; es decir, son resistentes al estrés hídrico.

León (2005) señala que las especies con rasgos mesomórficos desarrollan una estructura conectada con una alta eficiencia en la conducción hidráulica, pero una baja seguridad de conducción de agua, lo cual se manifiesta con vasos o poros de mayor tamaño y en menor número por unidad de superficie.

Lindorf (1994) indica que, maderas con vasos de diámetros pequeños, muy cortos y de puntuaciones pequeñas, así como una alta frecuencia de vasos múltiples o agrupados, son características que predominan en las maderas xeromórficas, permitiéndoles una mayor seguridad en la conducción, ya que disminuye el riesgo por obstrucción.

### **2.3. Descripción de las especies**

#### **A. *Aspidosperma cylindrocarpon***

Familia: Apocynaceae

Nombre científico: *Aspidosperma cylindrocarpon* Mull. Arg.

Nombre común: “Pumaquiro”, “Quillobordón” (Perú)

- **Distribución y hábitat**

Se desarrolla y distribuye naturalmente en los bosques secos Subtropicales y bosques secos templados de América del sur. Prefiere suelos bien drenados, de baja fertilidad, que crecen en bosques primarios y secundarios (ITTO, 2020a).

- **Descripción macroscópica**

En condición seca al aire la albura es de color blanco y el duramen amarillo rojizo, presenta grano entrecruzado, textura fina, brillo elevado, olor distintivo y sabor amargo. Anillos de

crecimiento distintivos. Poros visibles con lupa de 10 aumentos, pequeños. Por su agrupamiento son solitarios y múltiples radiales con porosidad difusa. Parénquima axial no es visible con lupa de 10X. Radios visibles con lupa 10X, numerosos, y no estratificados (Sibille y Rodríguez, 1996).

- **Descripción microscópica**

Porosidad difusa, poros exclusivamente solitarios más del 90 % y pocos múltiples radiales. Placa de perforación simple, diámetro promedio de 100  $\mu\text{m}$  o menos, poros moderadamente numerosos de 20 a 40 por  $\text{mm}^2$ . Parénquima axial apotraqueal difuso y/o difuso en agregados. Cristales prismáticos presentes en las células del parénquima axial y fibras. Diez a más radios por mm lineal, radios uniseriados a tetraseriados, homogéneos con células procumbentes, cristales prismáticos en las células de los radios. (ITTO, 2020a).

## ***B. Couratari guianensis***

Familia: Lecythidaceae

Nombre científico: *Couratari guianensis* Aubl.

Nombre común: “Cachimbo colorado”, “Misa”

- **Distribución y hábitat**

Esta especie se encuentra distribuida desde las Guayanas hasta Perú y Bolivia” (ITTO, 2020b). Asimismo, en Perú se ha evidenciado registros de esta especie en Loreto, San Martín. Amazonas, Ucayali y Madre de Dios (OSINFOR, 2013).

León, (2014) reporta lo siguiente para la especie:

- **Descripción macroscópica**

Madera de color amarillo pálido, sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor indistinto. Lustre mediano. Grano inclinado a entrecruzado. Textura media a fina. Moderadamente dura y pesada.

- **Descripción microscópica**

Los anillos de crecimiento son definidos por acortamiento de distancia entre bandas parenquimáticas y reducción del diámetro radial de las fibras. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, por su agrupamiento son solitarios y múltiples radiales de 2-4, ocasionalmente arracimados, 4-6 poros/mm<sup>2</sup>. Platinas de perforación simple. Punteaduras intervasculares y radiovasculares alternas, circulares a ovaladas, medianas a grandes. Tíldes presentes. Fibras no septadas con paredes delgadas a medianas. Presenta parénquima apotraqueal difuso en agregados, paratraqueal escaso, predominantemente en bandas de una célula de ancho; en series de 4-8 células parenquimáticas. Radios predominantemente homocelulares de células procumbentes, algunos heterocelulares con una línea de células marginales. Cristales prismáticos en series parenquimáticas cristalíferas, un cristal por cámara. Sílice en células parenquimáticas radiales.

**C. *Micropholis guyanensis***

Familia: Sapotaceae

Nombre científico: *Micropholis guyanensis* (A.DC.) Pierre

Nombre común: “Caimitillo”, “Balata”

- **Distribución y hábitat**

En el Perú se ha registrado en los departamentos de Loreto, Ucayali, Junín, Pasco, Cusco y Madre de Dios. Se desarrolla naturalmente en ámbitos con pluviosidad elevada y constante.

Es una especie esciófita. Presente en bosques primarios, con suelos arcillosos a limosos con tendencia ácida, fértiles y bien drenados, con pedregosidad baja a media. (OSINFOR, 2015)

- **Descripción macroscópica**

Grano mayormente recto a poco ondulado; textura media a fina, distribución difusa de poros pequeños, 5-6 poros/mm<sup>2</sup>; 5-6 anillos de crecimiento/cm; parénquima en bandas, radios finos, peso específico de 0,78 - 0,84 g/cm<sup>3</sup> (Quispe, 2014).

- **Descripción microscópica**

Bolzon *et al* (2013) señalan que la madera posee poros múltiples de 2 a 5 y pocos solitarios, con placa de perforación simple. Puntuaciones intervasculares alternas. La porosidad es difusa y el diámetro de los vasos se encuentra en el rango de 75 a 124 µm. La frecuencia es de 8 a 21 poros/mm<sup>2</sup>. El parénquima axial es en bandas continuas, de forma reticulada. Los radios son heterogéneos, con células procumbentes y cuadradas, biseriados en casi su totalidad, con una altura que va de 147 a 453 µm y entre 15 a 32 µm de ancho. La frecuencia de radios va de 4 a 11 por milímetro lineal.

#### **D. *Trattinnickia peruviana***

Familia: Burseraceae

Nombre científico: *Trattinnickia peruviana* Loes.

Nombre común: “Copal”

- **Distribución y hábitat**

En el Perú se ha registrado en los departamentos de Loreto, Amazonas, Huánuco, Ucayali, Pasco y Madre de Dios (OSINFOR, 2013).

Détienne *et* Jacquet (1983) presentan la siguiente información para el género *Trattinnickia*:

- **Descripción macroscópica y microscópica**

Madera de color blanquecino a beige claro, presenta una densidad media entre 0,40 – 0,65 g/cm<sup>3</sup>. Posee poros dispersos, solitarios o múltiples radiales, de 4 a 10 por mm<sup>2</sup>, de tamaño mediano a grande (140 a 240 μm), con placa de perforación simple. Radios generalmente biseriados, algunos triseriados (3 a 5/mm), de estructura homogénea. Punteaduras radiovasculares grandes y poco alargadas. Presencia de sílice, a menudo grandes y numerosos en las células terminales. Fibras septadas con punteaduras simples.

**E. *Ziziphus cinnamomum***

Familia: Rhamnaceae

Nombre científico: *Ziziphus cinnamomum* Triana & Planch.

Nombre común: “Palo pajarito” (Satipo), “Achuni caspi” (Pucallpa)

- **Distribución**

El género se encuentra distribuido en América del Sur Tropical, América del Sur templado, México y Centroamérica, Neotrópico y Brasil templado” (INSIDE WOOD, 2016).

INSIDE WOOD (2016), presenta la siguiente descripción:

- **Descripción microscópica**

La madera presenta porosidad difusa, anillos de crecimiento diferenciados. Platina de perforación simple. Punteaduras intervasculares alternas y radiovasculares con bordes diferenciados. Diámetro tangencial de poros pequeños y medianos, con una frecuencia de 20 a 40 mm<sup>2</sup>. Presencia de gomas. Fibras no septadas, de pared delgada a gruesa, con punteaduras simples. Parénquima en bandas delgadas y paratraqueal escaso. Radios mayormente con 4 – 10 células de ancho, 4-12 radios por mm. Presencia de cristales prismáticos en células de parénquima longitudinal y en células radiales erectas y/o cuadradas.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Lugar de ejecución

El estudio se realizó en el Laboratorio de Anatomía e Identificación de Maderas del Departamento de Industrias Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú.

#### 3.2. Selección y colección de muestras

Las especies utilizadas son parte de la Xiloteca del Laboratorio de Anatomía e Identificación de Maderas, de la Facultad de Ciencias Forestales, cuyo respaldo botánico se encuentra en el Herbario de la Universidad Nacional Agraria La Molina (MOL). Las especies estudiadas se presentan en la Tabla 1

**Tabla 1: Especies que se utilizaron en el presente estudio**

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	PROCEDENCIA	NÚMERO DE XILOTECA
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	Pumaquiro, Quillobordón	Apocynaceae	Satipo/Junín	4517
<i>Couratari guianensis</i>	Cachimbo colorado, Misa	Lecythidaceae	Atalaya/Ucayali	4309
<i>Micropholis guyanensis</i>	Caimitillo, Balata	Sapotaceae	Satipo/Junín	4519
<i>Trattinnickia peruviana</i>	Copal	Burseraceae	Satipo/Junín	4521
<i>Ziziphus cinnamomum</i>	Palo pajarito, Achuni caspi	Rhamnaceae	Satipo/Junín	4522

Datos de la Xiloteca del Laboratorio de Anatomía e identificación de Maderas

### **3.3. Materiales y equipos**

#### **3.3.1. Herramientas para la preparación de los cubos**

- Serrucho
- Formón
- Martillo

#### **3.3.2. Materiales de laboratorio**

- Lupa 10X
- Solución de alcohol 30°, 60°, 90°
- Solución de Hidróxido de Sodio al 3%
- Solución de Safranina al 1% en alcohol del 90°
- Glicerina
- Merckoglass
- Agua destilada 20L
- Aguja hipodérmica
- Placas Petri
- Vasos Pyrex graduados de vidrio de 100ml
- Pinzas
- Pincel pelo de Martha N°5
- Porta objeto 75mm x 25 mm
- Cubre objeto 18 mm x 18mm
- Cubre objeto 22 mm x 22 mm
- Tabla Munsell
- Etiquetas

#### **3.3.3. Equipos de laboratorio**

- Plancha de calentamiento Thermo Scientific – Cimarec
- Micrótopo de deslizamiento horizontal Leica
- Microscopio Leica DM500
- Microscopio Leica DM750 con cámara ICC50 HD acoplada
- Estereomicroscopio Leica EZ4W

### **3.4. Estudio anatómico**

El estudio anatómico se realizó de acuerdo con la norma del Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (IBAMA, 1992) y a la lista de características microscópicas para la identificación de maderas duras de la Asociación Internacional de Anatomía de la Madera (IAWA, 1989).

#### **3.4.1. Caracterización macroscópica**

Se emplearon muestras de madera de 2 cm x 10 cm x 15 cm debidamente orientadas, se evaluaron las siguientes características: color, visibilidad de anillos de crecimiento, poros, textura, grano, veteado, parénquima y radios. Para determinar el color de la madera se utilizó como patrón la tabla Munsell Color Company (1977).

#### **3.4.2. Caracterización microscópica**

Previo a la caracterización microscópica; se realiza la preparación de láminas histológicas y de tejido macerado, de acuerdo con la metodología utilizada en el laboratorio de Anatomía e Identificación de Maderas de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Chavesta, 2013) conforme se muestra en la Figura 1 y se detalla a continuación:

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

- Preparación de cubos: Se prepararon por cada especie cubos de 1cm x 1cm x 1cm debidamente orientados en sus tres planos de corte (transversal, radial y tangencial).
- Ablandamiento: los cubos se hirvieron en agua destilada. El tiempo de ablandamiento estuvo en función a la densidad de cada especie. Para el caso del *Ziziphus cinnamomum* se necesitó adicionar Hidróxido de Sodio al 3%, lo que ayudó a su ablandamiento ya que es una especie de alta densidad.

- Corte de láminas: Empleando el micrótopo de desplazamiento horizontal, se obtuvieron láminas de 20 a 25  $\mu\text{m}$  de espesor por cada sección de corte transversal, radial y tangencial; las láminas fueron colocadas en una placa Petri con alcohol de 30°
- Deshidratación: Las láminas cortadas se deshidrataron utilizando alcohol de 30°, 60° y 90° por espacio de 15 minutos en cada grado de alcohol de manera ascendente, es preciso indicar que previo al uso del siguiente grado de alcohol se realizó un lavado previo .
- Coloración: Luego de finalizar la deshidratación se retiró el alcohol de la placa y se agregó 5 gotas de safranina tratando de lograr una coloración uniforme, se dejó reposar por un periodo de 10 a 15 minutos, posteriormente se lavó con alcohol de 90° hasta eliminar el exceso de colorante.
- Montaje: Se colocaron en cada portaobjeto tres láminas en el siguiente orden: transversal, radial y tangencial. Se agregó una gota de Merckoglass sobre cada lámina antes de ser cubierto con el cubre objeto de 18mm x 18 mm, cuyo secado fue casi instantáneo. Se obtuvieron por cada especie 8 placas.

#### **b. Preparación de tejido macerado**

Previamente se prepararon muestras de madera de 2mm x 2mm x 3 cm aprox. los cuales fueron utilizados para obtener vasos y fibras de acuerdo con los pasos que se explican a continuación:

- Maceración: Las muestras se colocaron en un vaso precipitado de 100 ml y se agregó una solución de Ácido acético glacial hasta cubrirlos completamente, luego se colocaron sobre la plancha de calentamiento a 40 °C por un periodo de 10 a 15 minutos aproximadamente.
- Lavado y coloración: El tejido macerado fue lavado con abundante agua para eliminar por completo el ácido, posteriormente se agregó alcohol de 90° y seis gotas de safranina. Luego se dejó reposar por 24 horas.

- Selección y montaje: Parte del tejido macerado fue colocado en una placa Petri y se procedió a la separación y selección de fibras y vasos utilizando una aguja hipodérmica y un microscopio. Los vasos y fibras seleccionados fueron colocadas en un portaobjeto, de tal modo que en cada portaobjeto se tengan aproximadamente 25 vasos y 25 fibras, finalmente se le agregó una gota de Merkoglass para ser cubierto con un cubreobjetos. Se prepararon cuatro portaobjetos por cada especie.

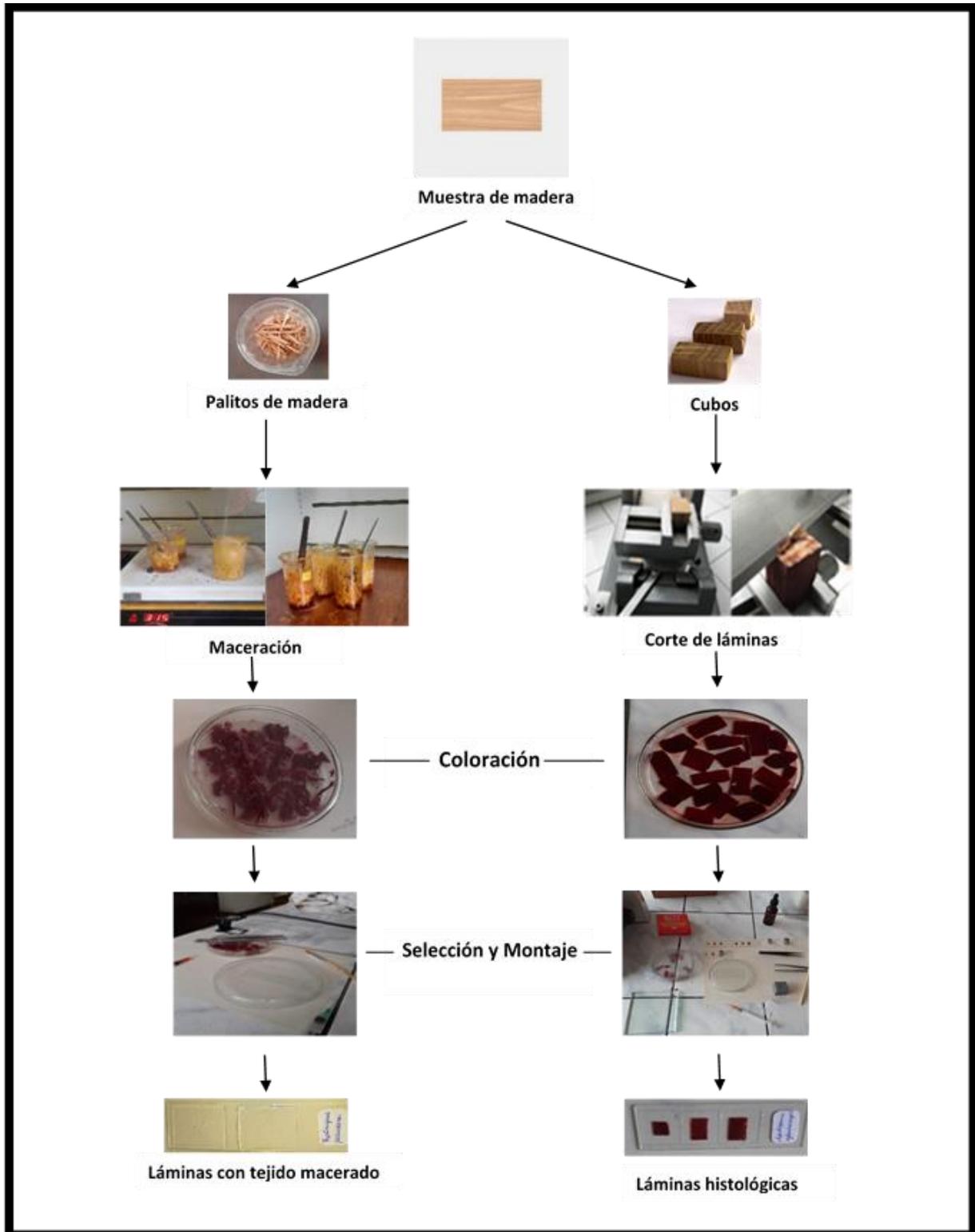


Figura 1: Pasos para la caracterización microscópica

### c. **Medición de los elementos xilemáticos**

Conforme a IAWA (1989), para cada especie se realizaron 25 mediciones de longitud y diámetro de vasos, espesor, longitud y diámetro de fibras. Asimismo, se determinó el número de células en ancho y altura de radios, diámetro tangencial de poros y número de poros por  $\text{mm}^2$ , así como el número de radios/mm. Para dichas mediciones, se empleó el analizador de imágenes Leica Application Suite EZ en un microscopio Leica DM 750 con cámara ICC50 HD acoplada.

#### **3.4.3. Registro de imágenes**

Se registraron macrofotografías de la estructura de la madera de cada especie en su plano radial y tangencial con la ayuda una cámara fotográfica Cannon Rebel T3i; para la sección transversal se utilizó un estereoscopio OLYMPUS acoplada a una computadora. Las microfotografías fueron tomadas con una cámara ICCHD de Leica del microscopio Leica DM750 acoplada a una computadora.

#### **3.4.4. Evaluación de resultados**

- a. Los parámetros estadísticos como el promedio, desviación estándar, valores máximos, mínimos y coeficiente de variabilidad fueron calculados para los diferentes elementos xilemáticos de cada especie.
- b. Para el cálculo de los Índices de Vulnerabilidad (IV) e Índices de Mesomorfia (IM) de las cinco especies y verificar su comportamiento mesomórfico o xeromórfico, se utilizaron las fórmulas propuestas por Carlquist (1977):

$$IV = \frac{\text{Diámetro de poros } (\mu\text{m})}{\text{poros}/\text{mm}^2}$$

$$IM = IV \times Lv$$

Donde:

IV = Índice de Vulnerabilidad

IM = Índice de Mesomorfia

Lv = longitud de vasos ( $\mu\text{m}$ )

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Descripción de las especies

Se describen las características generales, macroscópicas y microscópicas de las cinco especies estudiadas. Se complementa la información con macro y microfotografías de las secciones tangenciales, radiales y transversales.

#### A. Nombre científico: *Aspidosperma cylindrocarpon* Mull. Arg.

**Nombre común:** “Pumaquiro”, “Quillobordón” (Perú)

**Familia:** Apocynaceae

#### Características generales

En condición seca al aire el duramen es de color amarillo 7/6 10YR (Figura 2). Madera de grano entrecruzado, textura fina, brillo alto y olor no distintivo, veteado en arcos superpuestos. Anillos de crecimiento diferenciados por bandas oscuras irregulares. Madera dura al ser cortado en forma manual con cuchilla en sentido transversal a las fibras.

#### Descripción macroscópica

Poros: visibles con lupa de 10x, porosidad difusa, sin patrón definido de disposición, predominantemente solitarios de forma redonda.

Parénquima: no visible con lupa de 10x

Radios: visibles con lupa 10x, finos, sin contraste en la sección radial. No estratificados (Figura3).

### **Descripción microscópica**

Poros/Elementos vasculares: Porosidad difusa sin patrón definido de disposición, predominantemente solitarios. Diámetro tangencial promedio de 66  $\mu\text{m}$ , clasificados como pequeños, en promedio 64 poros/ $\text{mm}^2$ , clasificados como numerosos (Figura 4). Longitud promedio de elementos vasculares 461  $\mu\text{m}$  clasificados como medianos, con presencia de apéndices en uno o ambos lados de los elementos vasculares (Figura 7). Platina de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, de forma circular, con diámetro promedio de 7  $\mu\text{m}$ , clasificadas como pequeñas. Presencia de inclusiones gomosas.

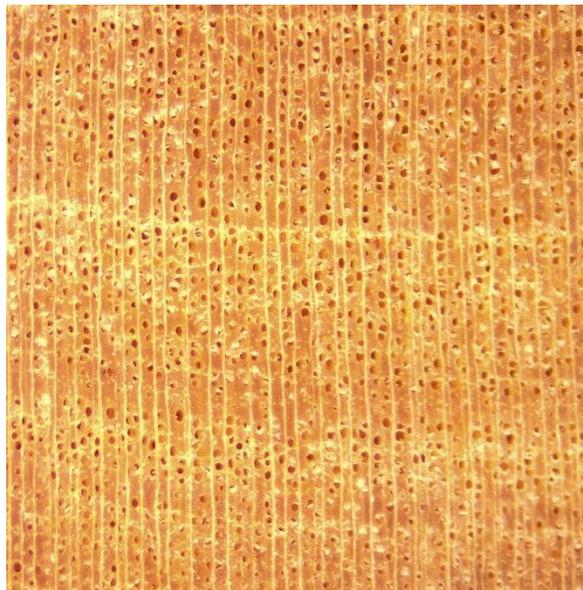
Parénquima: En sección transversal apotraqueal difuso y paratraqueal unilateral (Figura 4).

Radios: En sección tangencial altura promedio de 242  $\mu\text{m}$ , clasificados como extremadamente bajos; multiseriados, de 2 a 3 células de ancho y uniseriados en menor proporción, con 23.7  $\mu\text{m}$  de ancho promedio, clasificados como muy finos. En sección radial, mayormente heterocelulares formados por células procumbentes con una hilera marginal de células erectas y/o cuadradas, también escasa presencia de homocelulares formado por células procumbentes. Heterogéneos tipo II. En promedio 8 radios/ $\text{mm}$ , clasificados como poco numerosos. No estratificados. Punteaduras radiovasculares similares a las punteaduras intervasculares en tamaño y forma. Presencia de gomas (Figura 5 y 6).

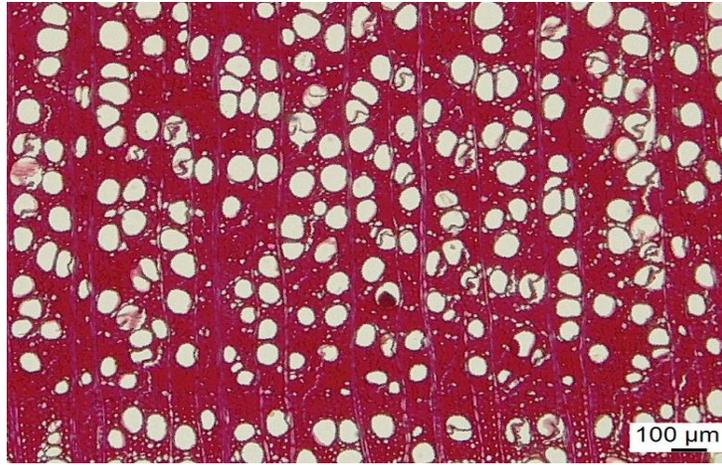
Fibras: Libriformes, longitud promedio 1806  $\mu\text{m}$ , clasificadas como largas; diámetro total promedio 19  $\mu\text{m}$ , clasificadas como angostas, espesor de pared promedio de 5.5  $\mu\text{m}$  clasificadas como gruesa. No estratificadas con punteaduras notoriamente aereoladas, no septadas.



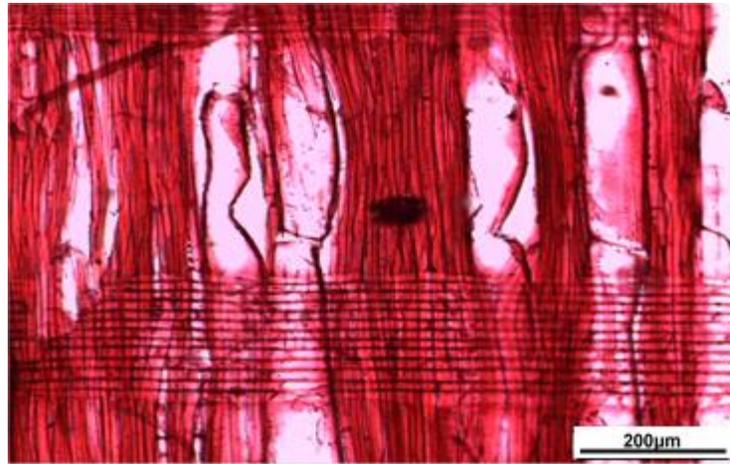
**Figura 2:** Madera en corte tangencial y radial de *Aspidosperma cylindrocarpon*



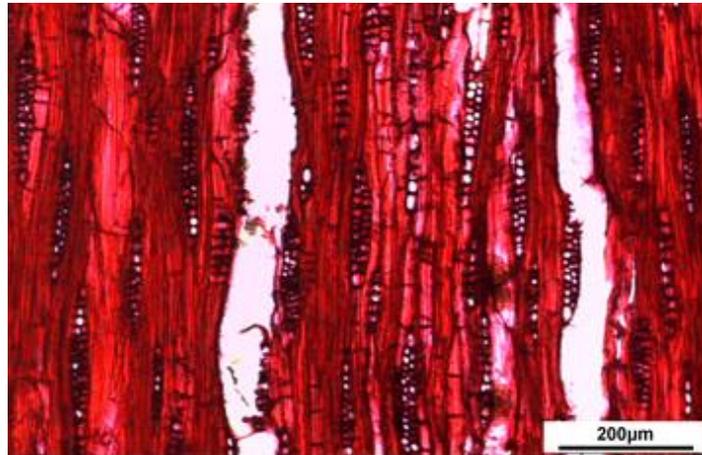
**Figura 3:** Foto macroscópica transversal de *Aspidosperma cylindrocarpon*



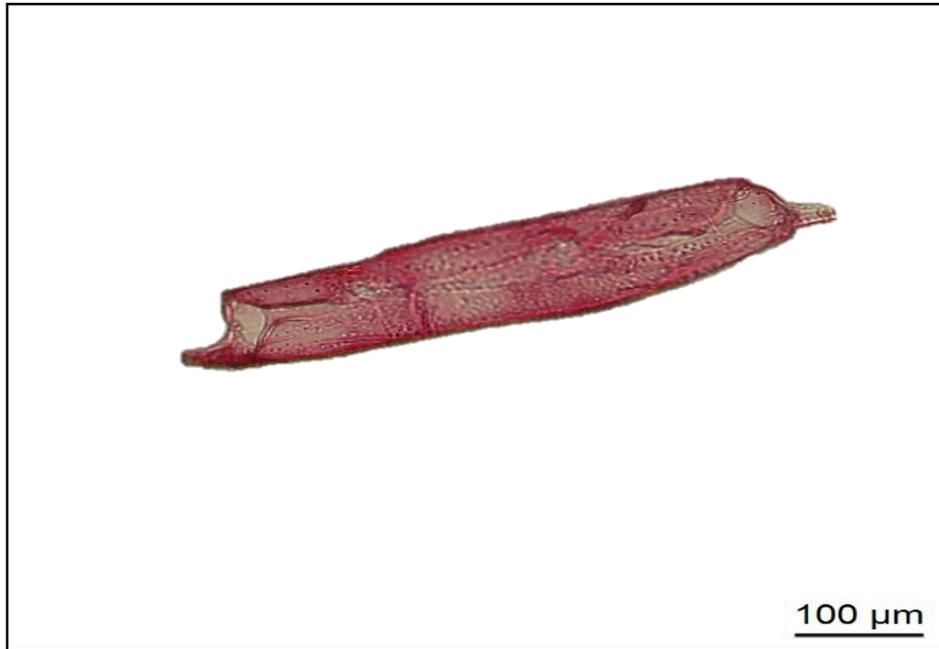
**Figura 4:** Corte transversal de *Aspidosperma cylindrocarpon*



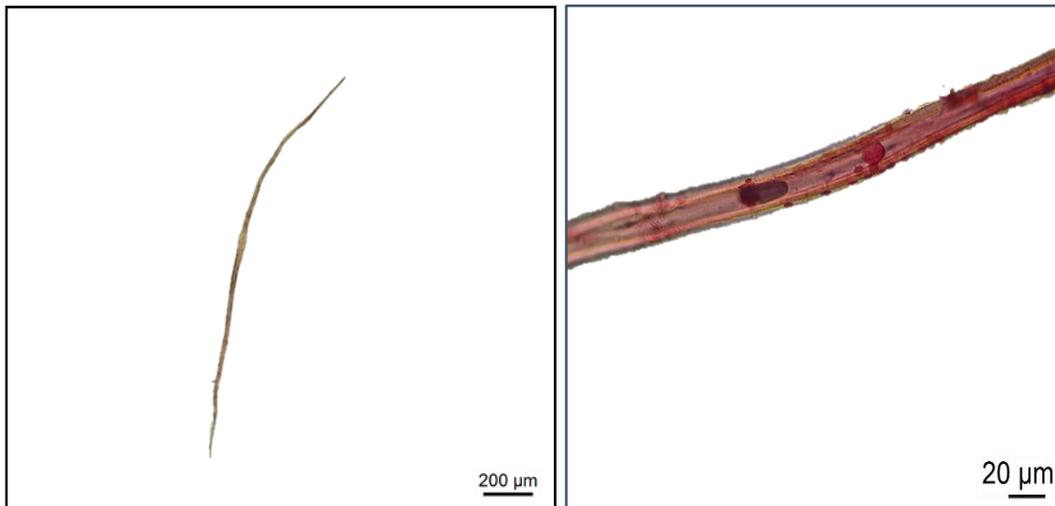
**Figura 5:** Corte radial de *Aspidosperma cylindrocarpon*



**Figura 6:** Corte tangencial de *Aspidosperma cylindrocarpon*



**Figura 7:** Elemento vascular de *Aspidosperma cylindrocarpon*



**Figura 8:** Fibra de *Aspidosperma cylindrocarpon*

**B. Nombre científico: *Couratari guianensis* Aubl.**

**Nombre común: “Cachimbo colorado”, “Misa”**

**Familia: Lecythidaceae**

**Características generales**

En condición seca al aire el duramen es de color amarillo anaranjado apagado 7/3 10YR (Figura 9). Madera de grano recto, textura media, brillo medio y olor no distintivo, vetado jaspeado. Anillos de crecimiento diferenciados por bandas oscuras irregulares. Madera dura al ser cortado en forma manual con cuchilla en sentido transversal a las fibras.

**Descripción macroscópica**

Poros: visibles a simple vista, porosidad difusa, predominantemente múltiples radiales y en menor proporción solitarios de forma redonda. Líneas vasculares irregulares.

Parénquima: visible con lupa 10x, en bandas reticulado.

Radios: visibles con lupa 10x, muy finos, muy contrastados en la sección radial. No estratificados. (Figura 10)

**Descripción microscópica**

Poros/Elementos vasculares: Porosidad difusa con arreglo radial, predominantemente múltiples radiales, de 2 a 3 poros y menor proporción solitario. Diámetro tangencial promedio de 178 $\mu$ m, clasificados como medianos, en promedio 8 poros /mm<sup>2</sup>, clasificados como pocos (Figura 11). Longitud promedio de elementos vasculares de 362 $\mu$ m, clasificados como medianos, con presencia de apéndices en uno o ambos lados de los elementos vasculares (Figura 14). Platina de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas de forma ovalada, con diámetro promedio de 4 $\mu$ m, clasificadas como pequeñas. Presencia de tilosis.

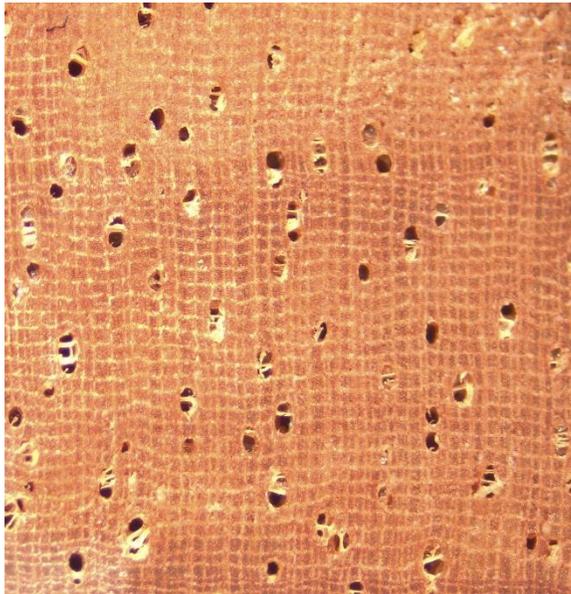
Parénquima: En sección transversal en bandas del tipo reticulado (Figura 11); en corte longitudinal no estratificado de 4 a 8 septas por célula. Presencia de cristales (Figura12)

Radios: En sección tangencial altura promedio de 332  $\mu\text{m}$ , clasificado como extremadamente bajos, uniseriados y biseriados en la misma proporción con 26.1  $\mu\text{m}$  de ancho promedio, clasificados como muy finos. En la sección radial, mayormente heterocelulares formados por células procumbentes con una hilera marginal de células erectas y/o cuadradas, también escasa presencia de homocelulares formado por células procumbentes. Heterogéneos tipo II. En promedio 11 radios/mm, clasificados como poco numerosos. No estratificados. Punteaduras radiovasculares similares a las punteaduras intervasculares en tamaño y forma. Presencia de sílice en células procumbentes (Figura 13)

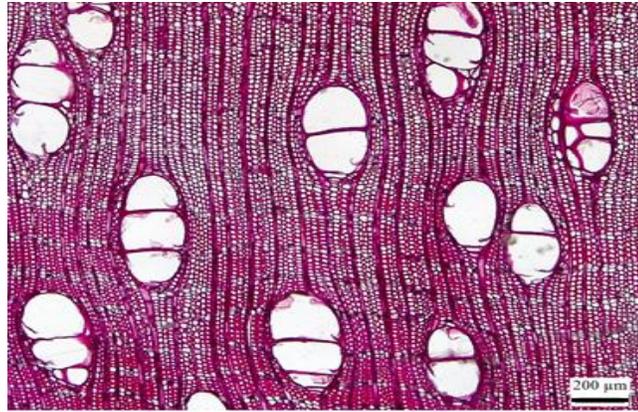
Fibras: Libriformes, longitud promedio 1221 $\mu\text{m}$ , clasificadas como medianas; diámetro total promedio de 24 $\mu\text{m}$ , clasificadas como angostas, espesor de pared promedio de 2.8  $\mu\text{m}$ , clasificadas como muy delgadas. Fibras septadas con 4 septas por fibra. No estratificadas con punteaduras simples. (Figura15).



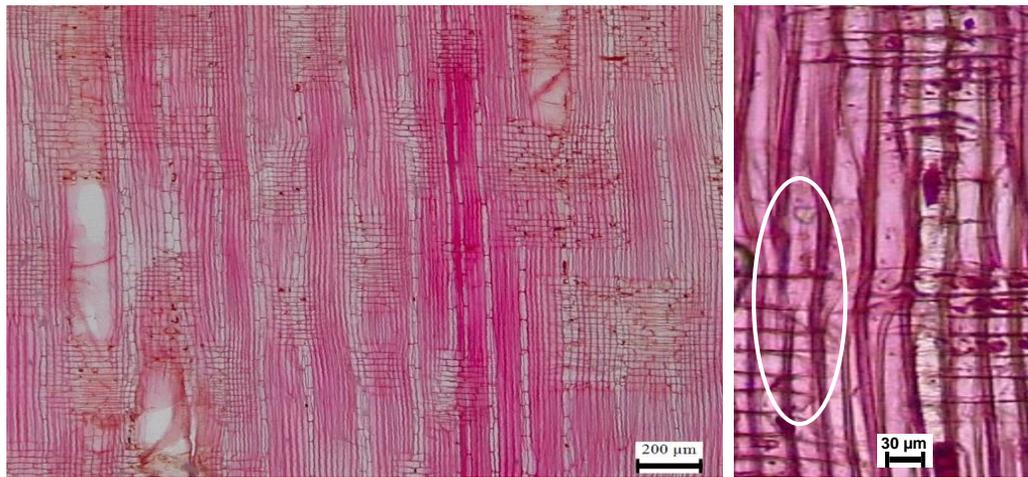
**Figura 9: Madera en corte tangencial y radial de *Couratari guianensis***



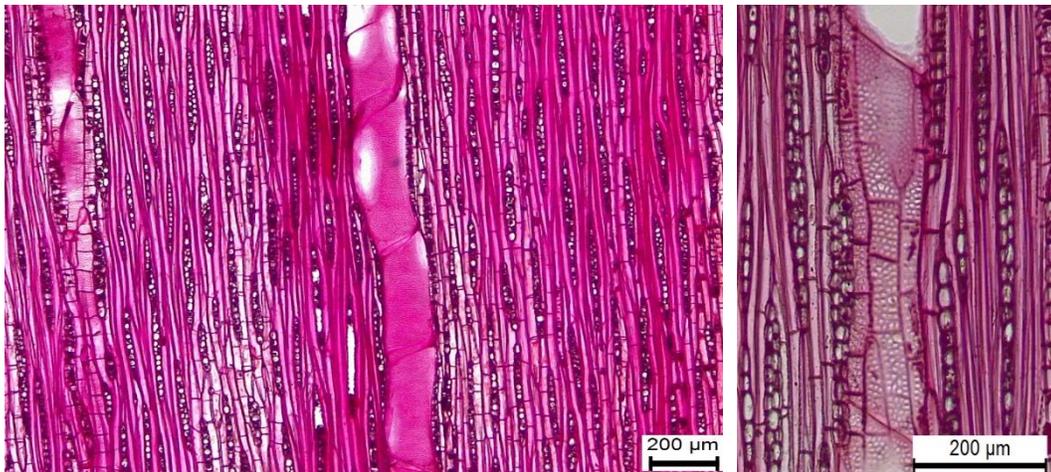
**Figura 10: Foto macroscópica transversal de *Couratari guianensis***



**Figura 11: Corte transversal de *Couratari guianensis***



**Figura 12: Corte radial de *Couratari guianensis* con presencia de cristales en el parénquima longitudinal**



**Figura 13: Corte tangencial de *Couratari guianensis* y presencia de sílice en células procumbentes**

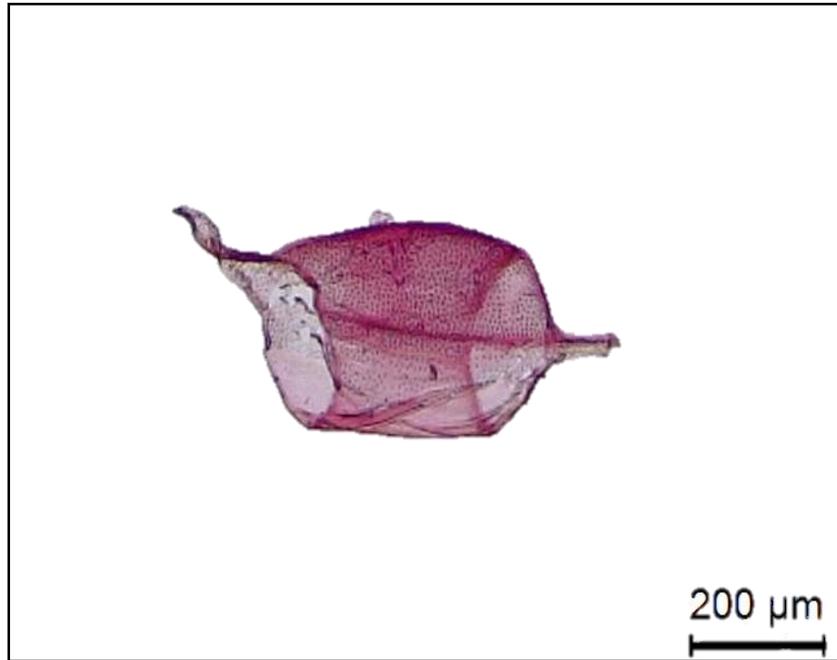


Figura 14: Elemento vascular de *Couratari guianensis*

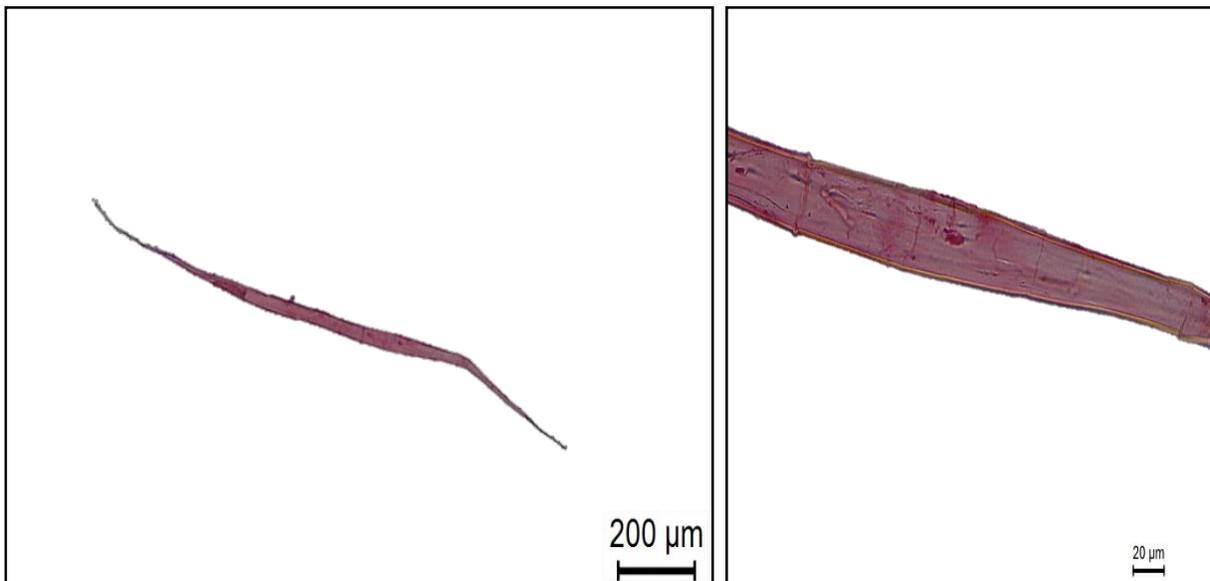


Figura 15: Fibra y presencia de fibras septadas en *Couratari guianensis*

**C. Nombre científico: *Micropholis guyanensis* (A.DC.) Pierre.**

**Nombre común: “Caimitillo”, “Balata”**

**Familia: Sapotaceae**

**Características generales**

En condición seca al aire el duramen es de color amarillento 8/6 2.5Y (Figura 16). Madera de grano recto, textura media a fina, brillo medio, olor no distintivo, vetado en arcos superpuestos. Anillos de crecimiento diferenciados por bandas oscuras irregulares Madera dura al ser cortado en forma manual con cuchilla en sentido transversal a las fibras.

**Descripción macroscópica**

Poros: visibles a simple vista, porosidad difusa, predominantemente múltiples radiales. Líneas vasculares rectilíneas.

Parénquima: visible con lupa 10x, parénquima longitudinal en bandas.

Radios: visibles con lupa 10x, finos, sin contraste en la sección radial. No estratificados. (Figura 17).

**Descripción microscópica**

Poros/Elementos vasculares: Porosidad difusa, sin patrón definido de disposición, poros predominantemente múltiples radiales de hasta 4 poros y escasos solitarios de forma redonda. Diámetro tangencial promedio 148 $\mu$ m, clasificado como medianos, en promedio 7 poros/mm<sup>2</sup>, clasificados como pocos (Figura 18). Longitud promedio de elementos vasculares de 481 $\mu$ m, clasificados como medianos, con presencia de apéndices en uno o ambos lados de los elementos vasculares (Figura 21). Platina de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas de forma poligonal, con diámetro promedio de 6  $\mu$ m, clasificadas como pequeñas.

Parénquima: En sección transversal longitudinal en bandas delgadas (Figura 18); en corte longitudinal no estratificado de 5 septas por célula (Figura 20).

Radios: En sección tangencial altura promedio de 503 $\mu\text{m}$ , clasificados como extremadamente bajos, multiseriados de 2 a 3 células de ancho y uniseriados en menor proporción, con 32.7  $\mu\text{m}$  de ancho promedio, clasificados como muy finos; presencia de radios fusionados. En sección radial, mayormente heterocelulares formados por células procumbentes con 1 a 2 hileras maginales de células erectas y/o cuadradas, también escasa presencia de homocelulares formados de células erectas, predominantemente tipo II y escasos tipo III (Figura 19). En promedio 12 radios/mm, clasificados como numerosos. No estratificados. Punteaduras radiovasculares similares a las punteaduras intervasculares en tamaño y forma. Presencia de gomas (Figura 20).

Fibras: Libriformes. Longitud promedio de 1642 $\mu\text{m}$ , clasificadas como largas, diámetro total promedio de 22 $\mu\text{m}$ , clasificadas como angostas, espesor de pared promedio de 4.7  $\mu\text{m}$ , clasificadas como delgada. Fibras septadas de 3 a 5 septas por fibra. No estratificadas, con punteaduras simples.



**Figura 16:** Madera en corte tangencial y radial de *Micropholis guyanensis*



**Figura 17:** Foto macroscópica transversal de *Micropholis guyanensis*

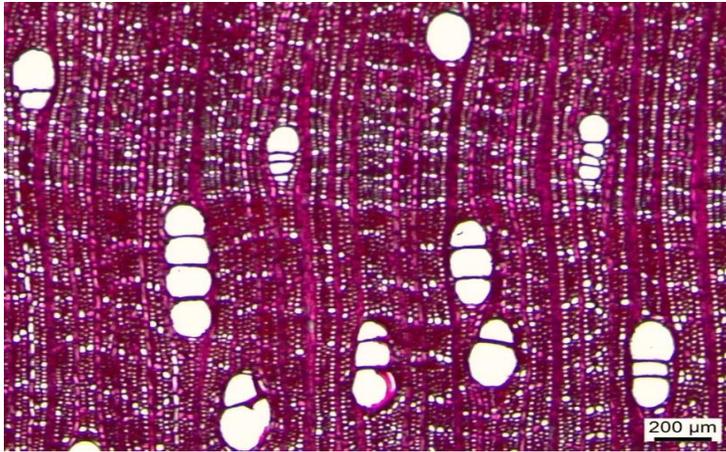


Figura 18: Corte transversal de *Micropholis guyanensis*

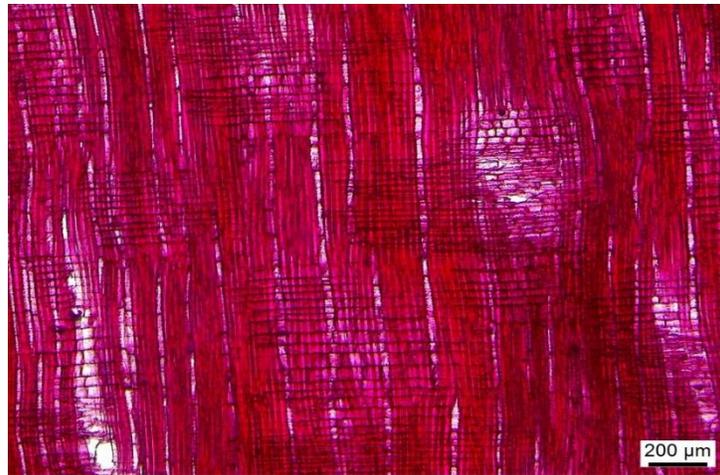


Figura 19: Corte radial de *Micropholis guyanensis*

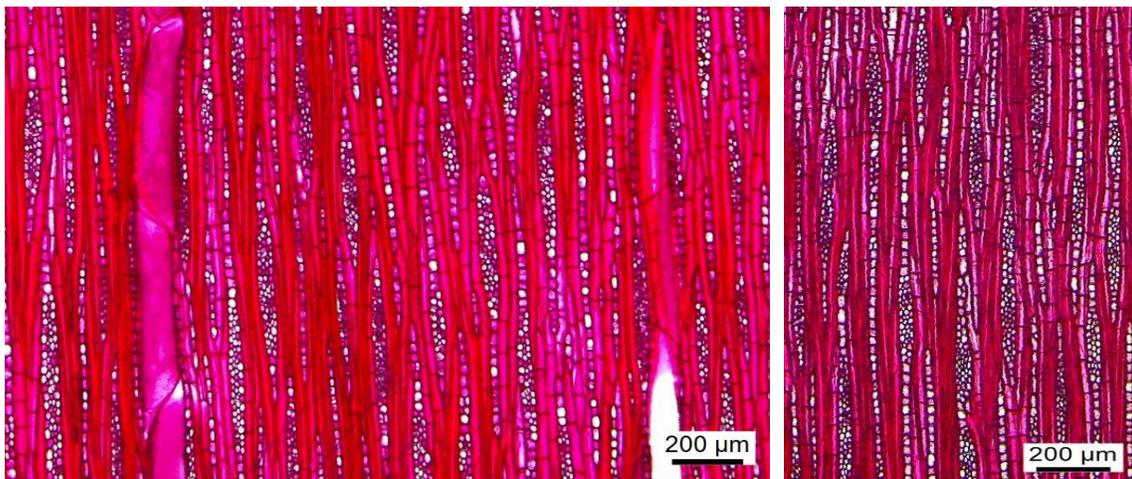
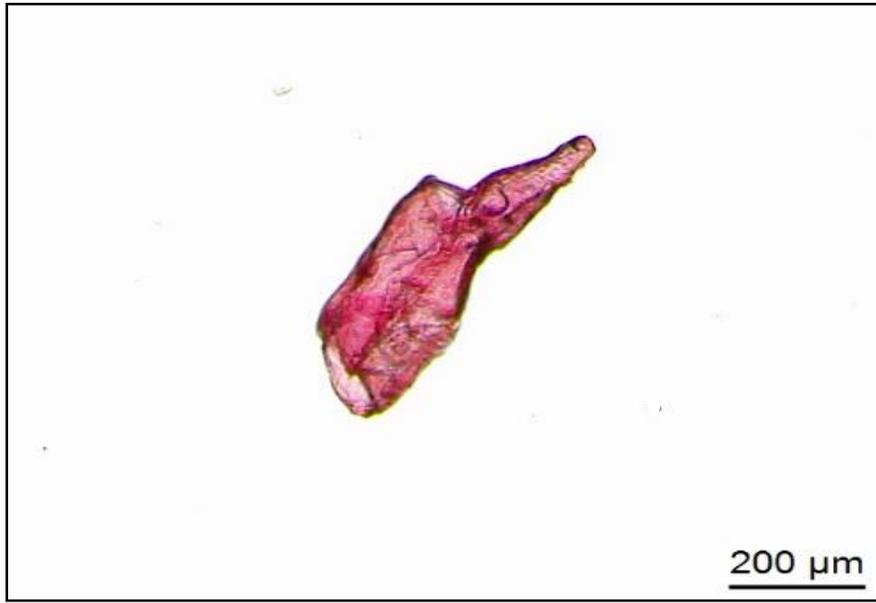


Figura 20: Corte tangencial de *Micropholis guyanensis*



**Figura 21: Elemento vascular de *Micropholis guyanensis***

**D. Nombre científico: *Trattinnickia peruviana* Loes.**

**Nombre común: “Copal”**

**Familia: Burseraceae**

**Características generales**

En condición seca al aire el duramen es de color rojo pálido 7/3 2.5YR (Figura 22). Madera de grano entrecruzado, textura media, brillo medio y olor distintivo, veteadado en arcos superpuestos. Anillos de crecimiento no diferenciados. Madera moderadamente blanda al ser cortada en forma manual con cuchilla en sentido transversal a las fibras.

**Descripción macroscópica**

Poros: visibles a simple vista, porosidad difusa, predominantemente solitarios de forma redonda y en menor proporción múltiples radiales. Líneas vasculares rectilíneas

Parénquima: no visible con lupa 10x

Radios: visibles a simple vista, finos, poco contrastados en la sección radial. No estratificados (Figura 23).

**Descripción microscópica**

Poros/Elementos vasculares: Porosidad difusa con tendencia a formar líneas diagonales, predominantemente solitarios y escasos múltiples radiales de 2 poros. Diámetro tangencial promedio de 136 $\mu$ m, clasificados como medianos, en promedio 8 poros/mm<sup>2</sup>, clasificados como pocos (Figura 24). Longitud promedio de elementos vasculares 415  $\mu$ m, clasificados como medianos, con presencia de apéndices en uno o ambos lados de los elementos vasculares (Figura 27). Platina de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas de forma ovalada con diámetro promedio de 8  $\mu$ m, clasificadas como medianas y punteaduras intervasculares escaleriformes con diámetro promedio de 35  $\mu$ m, clasificadas como grandes (Figura 28). Presencia de tilosis.

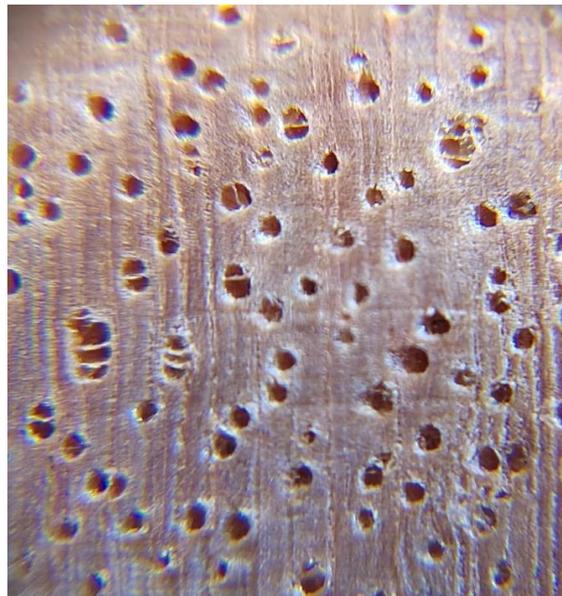
Parénquima: En sección transversal apotraqueal difuso en agregados (Figura 24); en corte longitudinal no estratificado, con 3-4 septas por célula.

Radios: En sección tangencial altura promedio de 400 $\mu$ m, clasificados como extremadamente bajos; multiseriados de 2 a 3 células de ancho, con 49  $\mu$ m de ancho promedio, clasificados como muy finos. En la sección radial, heterocelulares formados por células procumbentes con una hilera marginal de células erectas y/o cuadradas. Heterogéneos tipo II. En promedio 6 radios/mm, clasificados como poco numerosos. No estratificados. Punteaduras radiovasculares similares a las punteaduras intervasculares en tamaño y forma. Presencia de gomas en las células procumbentes y cristales en las células erectas (Figura 25 y 26).

Fibras: Libriformes, longitud promedio 1135 $\mu$ m, clasificadas como medianas; diámetro total promedio de 30 $\mu$ m, clasificadas como medianas, espesor de pared promedio de 3.3  $\mu$ m, clasificadas como muy delgadas. Fibras septadas con 4 septas por fibra. No estratificadas con punteaduras simples, (Figura 29).



**Figura 22:** Madera en corte tangencial y radial de *Trattinnickia peruviana*



**Figura 23:** Foto macroscópica transversal de *Trattinnickia peruviana*

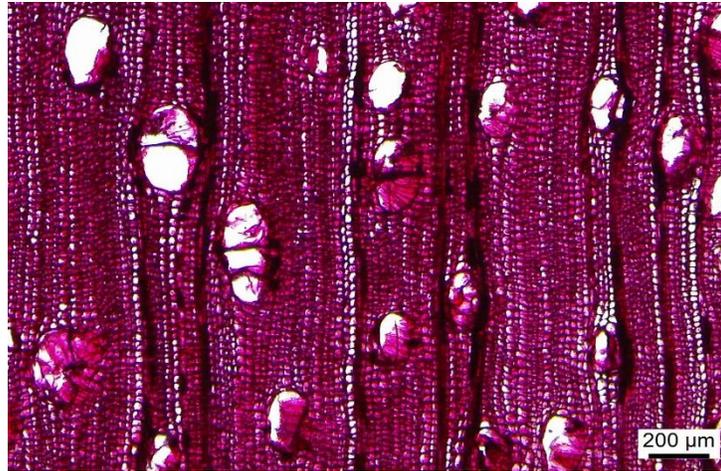


Figura 24: Corte transversal de *Trattinnickia peruviana*

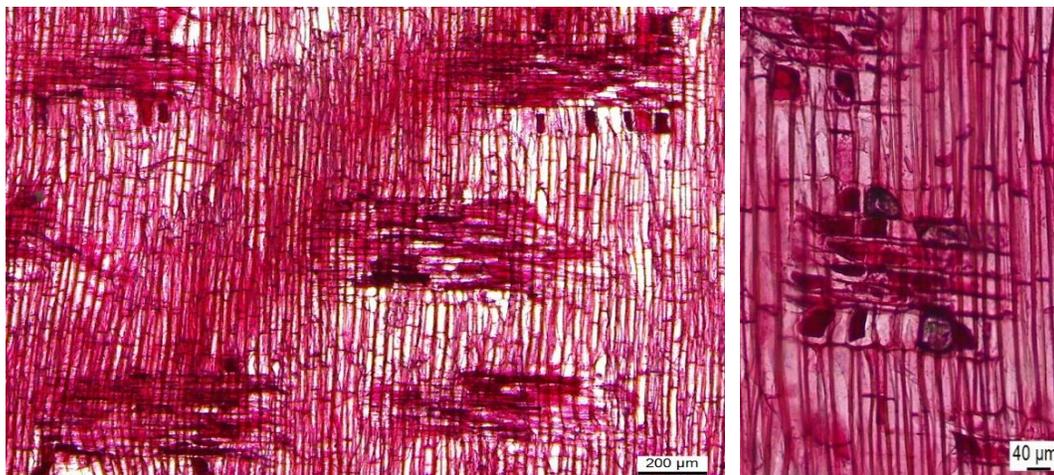


Figura 25: Corte radial de *Trattinnickia peruviana* y presencia de cristales en células erectas

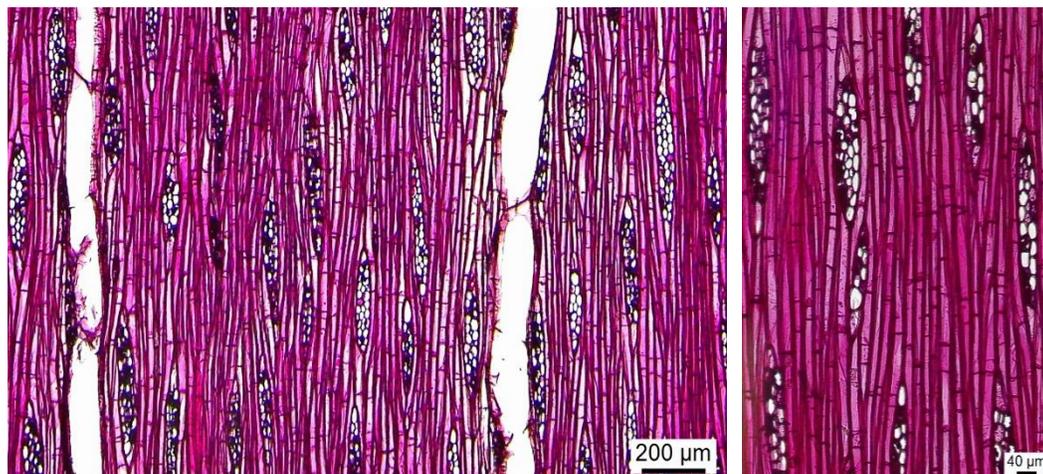


Figura 26: Corte tangencial de *Trattinnickia peruviana*

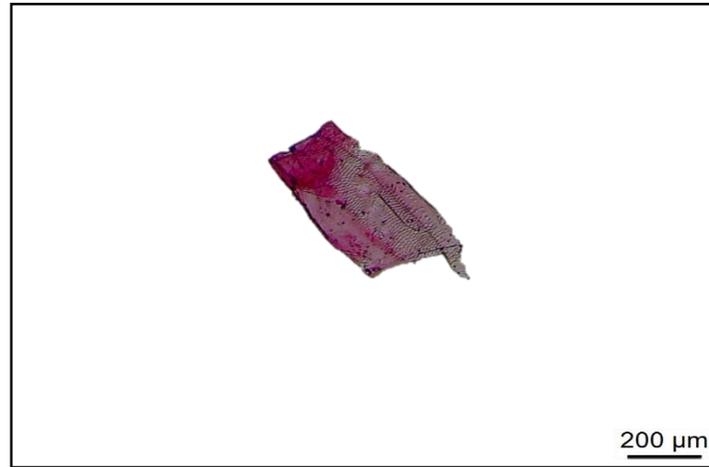


Figura 27: Elemento vascular de *Trattinnickia peruviana*

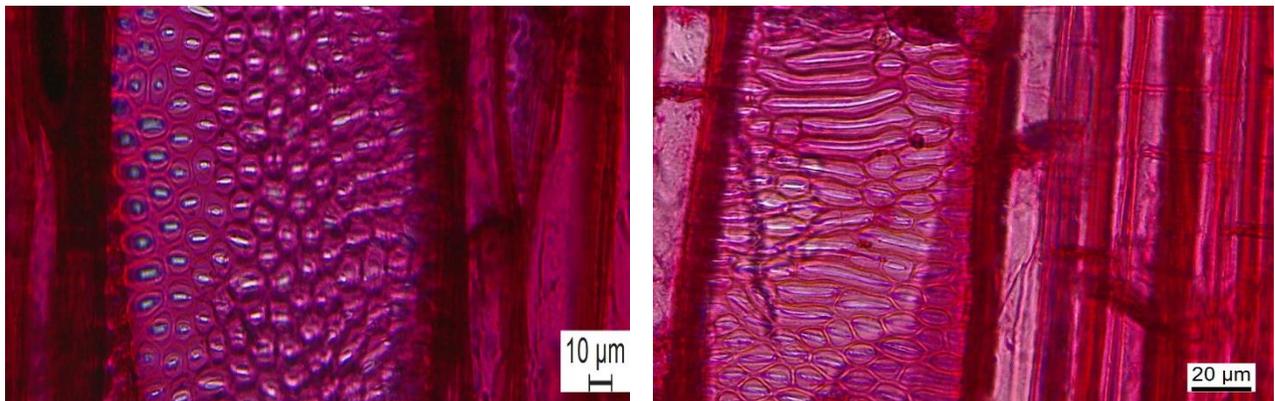


Figura 28: Punteaduras intervasculares alternas de forma ovalada y punteaduras intervasculares escaleriformes de *Trattinnickia peruviana*

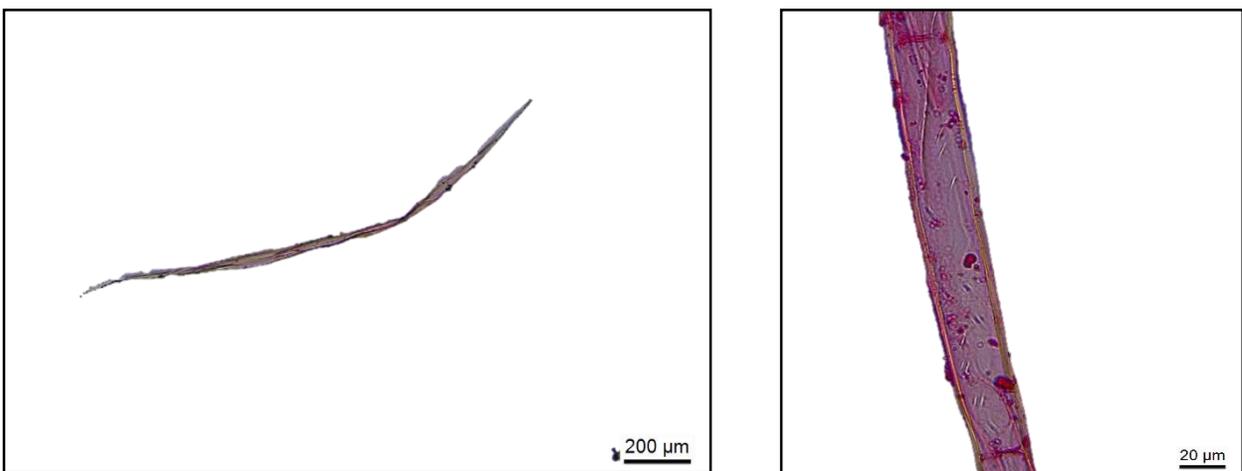


Figura 29: Fibra y presencia de fibras septadas en *Trattinnickia peruviana*

**E. Nombre científico: *Ziziphus cinnamomum* Triana & Planch.**

**Nombre común: “Palo pajarito” (Satipo), “Achuni caspi” (Pucallpa)**

**Familia: Rhamnaceae**

### **Características generales**

En condición seca al aire el duramen es de color marrón rojizo oscuro 3/4 2.5YR (Figura 30). Madera de grano entrecruzado, textura fina, brillo alto, olor distintivo y sabor amargo, vetado en arcos superpuestos. Anillos de crecimiento diferenciados por bandas oscuras irregulares. Madera muy dura al ser cortada con cuchilla en sentido transversal a las fibras.

### **Descripción macroscópica**

Poros: visibles con lupa de 10x, porosidad difusa, predominantemente solitarios de forma redonda y escasos múltiples radiales. Líneas vasculares irregulares.

Parénquima: visibles con lupa 10x, paratraqueal aliforme.

Radios: visibles con lupa 10x, finos, contrastados en la sección radial. No estratificados (Figura 31).

### **Descripción microscópica**

Poros/Elementos vasculares: Porosidad difusa sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales, de 2 a 4 poros, en proporción similar. Diámetro tangencial promedio de 96µm, clasificados como pequeños, en promedio 22 poros/mm<sup>2</sup>, clasificados como moderadamente numerosos (Figura 32). Longitud promedio de elementos vasculares de 483µm, clasificados como medianos, con presencia de apéndices en uno o ambos lados de los elementos vasculares (Figura 35). Platina de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas de forma angular, con diámetro menor a 4 µm; clasificadas como muy pequeñas. Presencia de gomas y tilosis y cristales (Figura 32).

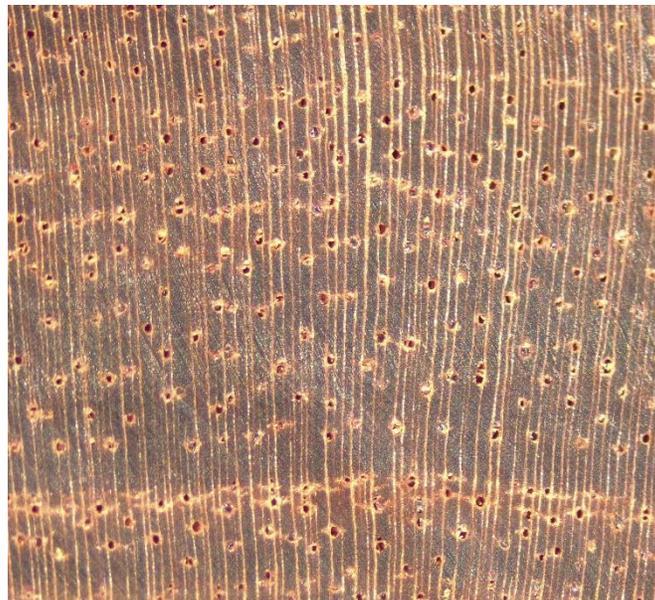
Parénquima: En sección transversal paratraqueal aliforme y aliforme confluyente (Figura 32).

Radios: En sección tangencial altura promedio de 304 $\mu\text{m}$ , clasificados como extremadamente bajos, mayormente multiseriados de 2 a 3 células de ancho y uniseriados en menor proporción, con 24.9  $\mu\text{m}$  de ancho promedio, clasificados como muy finos. En sección radial, mayormente heterocelulares formados por células procumbentes con 1 a 2 hileras marginales de células erectas y/o cuadradas también escasa presencia de homocelulares formado por células erectas y/o cuadradas. Heterogéneos tipo II. En promedio 13 radios/mm, clasificados como numerosos. No estratificados. Punteaduras radiovasculares con bordes diferenciados, similares a las punteaduras intervasculares en tamaño y forma. Presencia de cristales en las células erectas (Figura 33 y 34).

Fibras: Libriformes. Longitud promedio de 1489 $\mu\text{m}$ , clasificadas como medianas; diámetro total promedio de 15 $\mu\text{m}$ , clasificadas como angostas; espesor de pared promedio de 4.5  $\mu\text{m}$ , clasificadas como gruesas. No estratificadas, con punteaduras simples, no septadas.



**Figura 30:** Madera en corte tangencial y radial de *Ziziphus cinnamomum*



**Figura 31:** Foto macroscópica transversal de *Ziziphus cinnamomum*

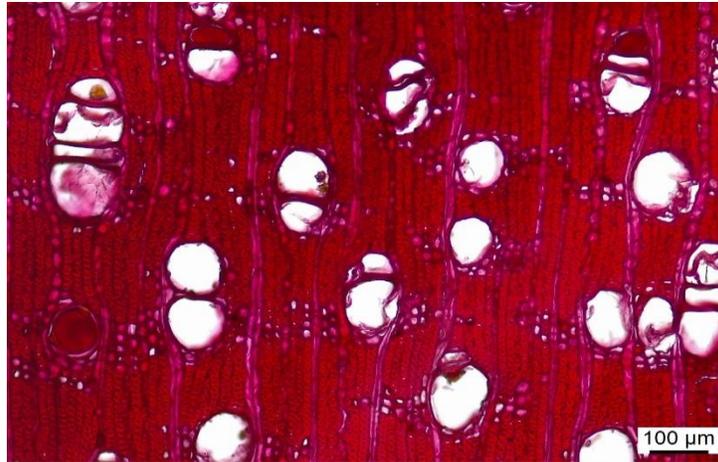


Figura 32: Corte transversal de *Ziziphus cinnamomum*

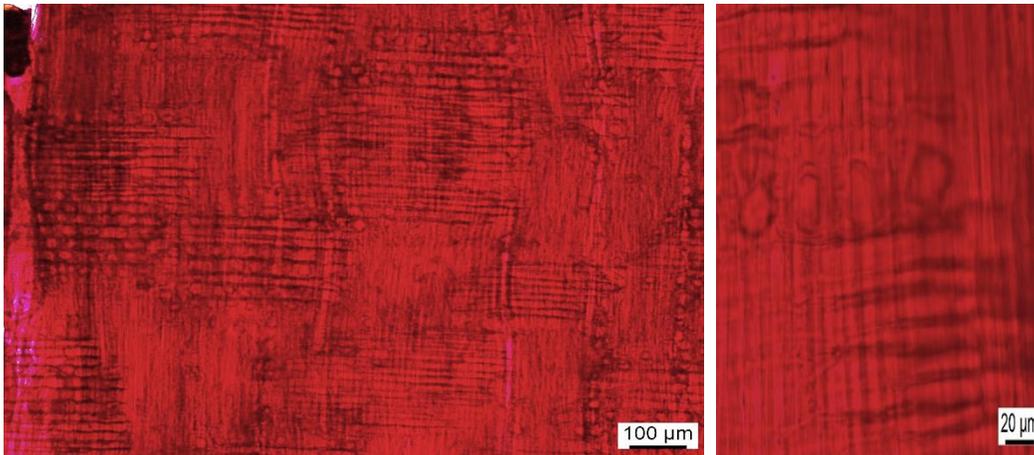


Figura 33: Corte radial de *Ziziphus cinnamomum* y presencia de cristales en células erectas



Figura 34: Corte tangencial de *Ziziphus cinnamomum*



**Figura 35: Elemento vascular de *Ziziphus cinnamomum***

## 4.2. Índices ecológicos de vulnerabilidad y mesomorfia

En la Tabla 2 se presentan los valores obtenidos de los índices de vulnerabilidad (IV) y mesomorfia (IM) de las cinco especies estudiadas, que nos ayudaran a determinar el grado de seguridad y eficiencia de los elementos de conducción de cada especie de acuerdo con el medio donde se desarrollan.

**Tabla 2: Valores de índice de vulnerabilidad y mesomorfia para cada especie**

Nº	Especie	IV	IM
1	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Mull. Arg.	1,04	477,0
2	<i>Couratari guianensis</i> Abul.	22,8	8144,5
3	<i>Micropholis guyanensis</i> (A.DC.) Pierre	21,6	10469,4
4	<i>Trattinnickia peruviana</i> Loes.	18,2	7507,8
5	<i>Ziziphus cinnamomum</i> Triana & Planch.	4,6	2222,8

## 4.3. Discusión

En las tablas 3 y 4 se presenta un resumen de las características generales, macroscópicas y microscópicas de las cinco especies estudiadas.

### 4.3.1. Características generales

De las características generales se puede indicar que:

En cuanto al color *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Couratari guianensis* y *Micropholis guyanensis* presentan color amarillo en tonalidades distintas mientras que *Trattinnickia peruviana* presenta color rojo y *Ziziphus cinnamomum* color marrón coincidiendo con la información reportada por Sibille y Rodríguez (1996), León (2014) para los dos primeros.

Referente al tipo de grano *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Trattinnickia peruviana*, *Ziziphus cinnamomum* presentan grano entrecruzado lo que podría dificultar el aserrío, mientras que *Micropholis guyanensis* y *Couratari guianensis* presentan grano recto, coincidiendo con lo indicado por Quispe (2014) para el caso de *Micropholis guyanensis*.

En cuanto a la textura *Couratari guianensis*, *Micropholis guyanensis* y *Trattinnickia peruviana* presentan textura media, lo cual coincide con lo citado por León (2014) y Quispe (2014), para el caso de *Trattinnickia peruviana* no se ha reportado información; *Aspidosperma cylindrocarpon* y *Ziziphus cinnamomum* presentan textura fina coincidiendo con lo mencionado por Sibille y Rodríguez (1996) para el caso de *Aspidosperma cylindrocarpon*, en cuanto a *Ziziphus cinnamomum* no se encontró información.

#### **4.3.2. Características macroscópicas**

En la tabla 3 se puede observar que las cinco especies estudiadas presentan porosidad difusa, es decir no existe una variación de tamaño entre los poros dentro de los anillos de crecimiento.

*Aspidosperma cylindrocarpon*, *Trattinnickia peruviana* y *Ziziphus cinnamomum* presentan poros predominantemente solitarios, en tanto que *Couratari guianensis* y *Micropholis guyanensis* presentan poros predominantemente múltiples radiales, que coincide con lo mencionado por Sibille y Rodríguez (1996), Détienne et Jacquet (1983), INSIDE WOOD (2016), León (2014) y Bolzon et al (2013).

A nivel macroscópico no es visible el parénquima con lupa de 10x en *Aspidosperma cylindrocarpon* y *Trattinnickia peruviana*; se reconoció parénquima en bandas del tipo reticulado en *Couratari guianensis*, en bandas de líneas delgadas en *Micropholis guyanensis* y paratraqueal aliforme en *Ziziphus cinnamomum* (tabla 3).

A este nivel se aprecia los radios con lupa 10x en *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Couratari guianensis*, *Micropholis guyanensis* y *Ziziphus cinnamomum*; en cuanto a *Trattinnickia peruviana* los radios se aprecian a simple vista.

**Tabla 3: Características Generales y Macroscópicas de las cinco especies estudiadas**

ESPECIES/ CARACTERÍSTICAS	CARACTERÍSTICAS GENERALES											CARACTERÍSTICAS MACROSCOPICAS																
	Color			Grano		Textura		Veteado		Resistencia al corte				Poros					Parénquima				Radios					
	Amarillo	Marrón	Rojo	Recto	Entrecruzado	Fina	Media	Arcos superpuestos	Jaspeado	Muy dura	Dura	Moderadamente blanda	Porosidad difusa	Visibles a simple vista	Visibles con lupa 10 X	Predominantemente solitarios	Predominantemente múltiples radiales	Visibles con lupa 10 X	No visible aún con lupa 10x	Aliforme	Paratraqueal	En Bandas	Aliforme	Líneas delgadas	Reticulado	Visibles a simple vista	Visibles con lupa 10X	No Estratificados
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	•				•	•		•		•		•		•	•			•								•	•	•
<i>Couratari guianensis</i>	•			•			•	•		•		•	•			•	•					•				•	•	•
<i>Micropholis guyanensis</i>	•			•			•	•		•		•	•			•	•					•				•	•	•
<i>Trattinnickia peruviana</i>			•		•		•	•			•	•	•			•	•								•	•	•	•
<i>Ziziphus cinnamomum.</i>		•			•	•		•		•		•	•	•	•		•			•						•	•	•

### 4.3.3. Características microscópicas

En la tabla 4 se puede apreciar que a nivel microscópico los elementos vasculares de las cinco especies son medianos. Asimismo todas presentan platina de perforación simple y presencia de apéndice en uno o ambos extremos. *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Couratari guianensis*, *Micropholis guyanensis* y *Ziziphus cinnamomum* presentan punteaduras intervasculares alternas y *Trattinnickia peruviana* presenta punteaduras intervasculares alternas y punteaduras intervasculares escaleriformes con barras inclinadas, esto podría deberse a que la especie se encuentre aún en evolución de acuerdo con lo mencionado por León y Espinoza (2001).

Respecto al parénquima, en *Aspidosperma cylindrocarpon* presenta apotraqueal difuso y paratraqueal unilateral como señala (ITTO, 2020a). En *Couratari guianensis* se observa parénquima reticulado, lo cual difiere con lo mencionado por León (2014). Para *Micropholis guyanensis* en bandas delgadas que coincide con Bolzon *et al* (2013). En *Trattinnickia peruviana* se observa parénquima difuso en agregados. *Ziziphus cinnamomum* presenta parénquima paratraqueal aliforme y aliforme confluyente.

En radios *Trattinnickia peruviana* es la única especie que presenta radios exclusivamente heterocelulares, formados por células procumbentes con una hilera marginal de células erectas y/o cuadradas, lo cual no concuerda con lo señalado por Détienne *et* Jacquet (1983), que podría deberse a variaciones por factores ambientales. *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Couratari guianensis* y *Ziziphus cinnamomum* presentan radios homocelulares y heterocelulares del tipo II, lo cual concuerda con lo señalado por ITTO (2020a) y León, (2014) para los dos primeros. *Micropholis guyanensis* es la única especie que presenta radios heterocelulares del tipo II y escasos del tipo III; y destaca por presentar radios fusionados.

Con respecto a la longitud de fibras *Micropholis guyanensis* se caracteriza por ser de fibra larga mientras que las otras cuatro especies son de longitud mediana. Por otro lado *Couratari guianensis* y *Trattinnickia peruviana* presentan fibras con espesor de pared muy delgada; *Micropholis guyanensis* presenta fibras con espesor de pared delgada. En cuanto a *Aspidosperma cylindrocarpon* y *Ziziphus cinnamomum* presenta fibras con espesor de pared gruesa que estaría

directamente relacionada con la densidad de la madera tal como lo indica Lujan y Chavesta (2009) que citan a León y Espinoza (2001).

En cuanto a las inclusiones, *Couratari guianensis* presenta cristales en el parénquima longitudinal; *Trattinnickia peruviana* y *Ziziphus cinnamomum* presentan cristales en las células de los radios confirmando lo indicado por León (2014) para la primera especie e INSIDE WOOD (2016) para la última especie. La presencia de tilosis en *Couratari guianensis*, *Trattinnickia peruviana* y *Ziziphus cinnamomum* podría dificultar el proceso de secado de estas especies de acuerdo con lo indicado por Gonzales (2008). También se observó que *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Micropholis guyanensis*, *Trattinnickia peruviana* y *Ziziphus cinnamomum* presentan gomas en poros dificultando así el flujo de líquidos y aumentando así el tiempo de secado para estas especies; la presencia de este tipo de inclusión genera una adhesión del aserrín en el elemento de corte dificultando aserrío según Gonzales (2008). Finalmente se observó que *Couratari guianensis* presenta sílice en las células del radio, lo cual es confirmado por León (2014), inclusión que acelera el desgaste en el filo de las herramientas de corte.

**Tabla 4: Características microscópicas de las cinco especies estudiadas**

ESPECIES/ CARACTERÍSTICAS	VASOS/POROS						PARÉNQUIMA						RADIOS						FIBRAS				Otras Características																									
	POROS				ELEMENTOS VASCULARES		Apotraqueal			Paratraqueal			En bandas			No estratificado			Uniseriados			Biseriados					Multiseriados			Fusionados			Homocelulares			Heterocelulares			Tipos de Radio		Longitud		Espesor de pared					
	Pequeños	Medianos	Pocos	Numerosos	Medianos	Platinas de Perforación simples																																									Presencia de apéndices	
							Difuso	Difuso en agregados	Aliforme	Aliforme confluyente	Unilateral	Bandas delgadas	Reticulado	Tipo II	Tipo III	Medianas	Largas	Muy delgada	Delgada	Gruesa	No estratificada	Septadas																										
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	•			•	•	•	•				•				•	•				•			•			•	•									•												
<i>Couratari guianensis</i>		•	•		•	•								•	•	•				•			•			•	•								•			•										
<i>Micropholis guyanensis</i>		•	•		•	•								•	•	•				•			•			•	•								•			•										
<i>Trattinnickia peruviana</i>		•	•		•	•		•							•	•				•			•			•	•								•			•										
<i>Ziziphus cinnamomum</i>	•			•	•	•				•	•				•	•				•			•			•	•								•			•										

#### 4.3.4. Análisis de la variabilidad de los elementos xilemáticos

En la tabla 5 se presentan los valores estadísticos de las dimensiones de los elementos xilemáticos para las cinco especies estudiadas. Para este análisis se utilizaron los parámetros propuestos por Rubio (2002). Respecto al “Diámetro tangencial” de poros se puede afirmar que *Couratari guianensis*, *Micropholis guyanensis* y *Ziziphus cinnamomum* presentan datos relativamente homogéneos; mientras que las otras dos especies presentan datos relativamente variables. Para “longitud de los elementos vasculares” *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Couratari guianensis* y *Micropholis guyanensis* presentan datos muy variables, mientras que para *Trattinnickia peruviana* variables y *Ziziphus cinnamomum* relativamente variable. Para “número de poros/mm<sup>2</sup>” *Aspidosperma cylindrocarpon* y *Micropholis guyanensis* presentan datos muy homogéneos y relativamente homogéneos, mientras que para las otras tres especies se registra datos relativamente variables (Anexo 2).

Con respecto a “longitud de fibras” *Aspidosperma cylindrocarpon* y *Ziziphus cinnamomum* presentan datos muy homogéneos, mientras que para las otras tres especies presentan datos relativamente homogéneos. Para el “espesor de pared” *Aspidosperma cylindrocarpon* presenta datos relativamente homogéneos y para las otras cuatro especies se registran datos relativamente variables (Anexo 2).

La variabilidad de los diferentes elementos anatómicos estudiados en cada especie puede deberse a múltiples factores generalmente vinculados al ambiente y las condiciones del lugar donde se desarrollan, así lo menciona Moglia *et al* (2005)

**Tabla 5: Datos estadísticos de las cinco especies estudiadas**

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	POROS		VASOS	RADIOS					FIBRAS			
	Diámetro tangencial (µm)	N/mm <sup>2</sup>	Longitud de vasos (µm)	Altura (µm)	Ancho (µm)	Nº de células en alto	Nº de células en ancho	Nº/mm	Diámetro total (µm)	Diámetro de lumen (µm)	Espesor de pared (µm)	Longitud (µm)
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>												
Promedio	65,8	64	461,2	241,8	23,7	12	2	8	18,7	7,7	5,5	1805,8
CV (%)	17,5	9,8	28,8	24,5	30,9	24,97	24,8	11,8	10,4	21,1	10,1	7,5
Valor máx.	97,8	79	776,2	384,8	34,6	16	2	10	23,5	10,6	6,4	2089,8
Valor mín.	46,1	51	234,2	134,9	8,7	5	1	7	14,4	3,8	4,5	1603,3
<i>Couratari guianensis</i>												
Promedio	178,3	8	362,4	332,2	26,1	15	2	11	24,2	18,6	2,8	1220,9
CV (%)	14,3	16,4	27,7	30,9	22,6	32,4	31,5	11,9	19,9	26,7	24,5	10,8
Valor máx.	224,9	11	575,3	638,3	36,3	26	3	14	33	28,4	4,9	1481
Valor mín.	121,1	5	232,4	157,3	12,1	6	1	8	15,6	9,1	1,8	1043
<i>Micropholis guyanensis</i>												
Promedio	147,9	7	480,6	503,3	32,7	12	2	12	21,9	12,6	4,7	1641,5
CV (%)	14,9	20,8	28,3	17,8	27,7	35,5	55,9	10,9	17,9	26,98	17,6	10,0
Valor máx.	186,0	10	794,2	689,1	48	24	5	14	28,8	21	6,6	1925,1
Valor mín.	95,2	4	292,3	376,4	13,4	7	1	10	15	7,3	3,1	1317,3
<i>Trattinnickia peruviana</i>												
Promedio	136,4	8	415	400,1	49,0	13	3	6	29,7	23,1	3,3	1134,9
CV (%)	17,2	17,2	21,2	18,6	13,7	24,9	17,8	15,3	15,1	17,3	18,5	14,2
Valor máx.	195,0	10	580	547,5	59,5	19	3	7	35,8	30,3	4,5	1367,2
Valor mín.	106,7	6	257,8	279,8	35,7	6	2	4	21,7	15,6	2,1	843,2
<i>Ziziphus cinnamomum</i>												
Promedio	96,1	22	482,9	303,6	24,9	13	2	13	15,1	6	4,5	1488,5
CV (%)	11,4	16,1	19,2	25,4	26,5	40,5	39,4	13,3	12,2	17,98	15,2	8,2
Valor máx.	126,2	27	621,8	483,3	35,1	32	3	17	18,8	7,9	5,7	1747,8
Valor mín.	82,5	14	337,9	180,5	11,7	5	1	10	11,3	4,2	3,1	1306,5

#### 4.3.5. Índice de vulnerabilidad y mesomorfía

Se puede advertir que el IV de todas las especies supera la unidad (Tabla 2), por lo tanto son vulnerables a la cavitación ya que son frágiles a romper la conducción de agua y poco resistentes al estrés hídrico como lo indica Parra (2010).

En la Figura 36 se presenta la distribución del índice de vulnerabilidad por especie, donde se puede observar que *Aspidosperma cylindrocarpon* presenta en promedio el valor más bajo de IV, siendo así la especie menos vulnerable al estrés hídrico, seguido de *Ziziphus cinnamomum*, *Trattinnickia peruviana*, *Micropholis guyanensis* y *Couratari guianensis*; estas dos últimas presentan en promedio los valores más alto de IV, lo que indicarían que serían las especies más vulnerables al estrés hídrico y frágiles a romper la conducción de agua.

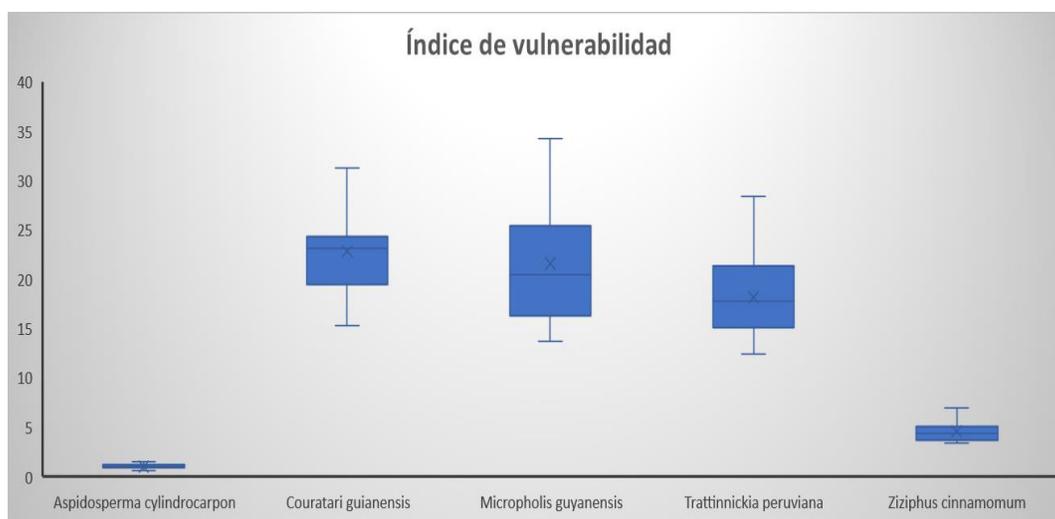
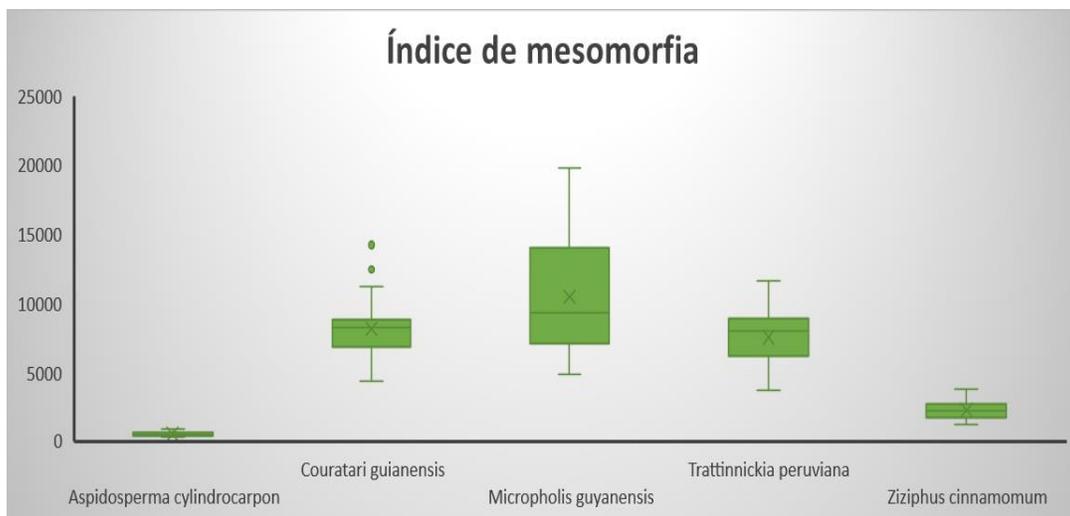


Figura 36: Boxplot del índice de vulnerabilidad para las cinco especies

Respecto al IM se puede observar que todas las especies presentan un índice superior a los 200 (Tabla 2), por lo que presentan un comportamiento xilemático mesomórfico Carlquist (1977), es decir tienden a ser más eficientes en el transporte de agua, pero poco seguros a la conducción de la misma.

En la Figura 37 se aprecia la distribución del índice de mesomorfía por especie, donde se puede observar que, a pesar que las cinco especies muestran un comportamiento mesomorfo, esta se presenta en diferente grado, siendo en promedio *Aspidosperma cylindrocarpon* la especie con menor IM, seguido por *Ziziphus cinnamomum*, las cuales presentarían mayor resistencia a la sequía. Asimismo, se puede observar que *Micropholis guyanensis* es la especie que en promedio cuenta con mayor IM siendo la más eficiente al transporte de agua.

Asimismo, se aprecia valores atípicos de IM para *Couratari guianensis* (Figura 37), por lo que podríamos inferir que esta especie tiende a la eficiencia en el transporte de agua por encima de la seguridad.



**Figura 37: Boxplot del índice de mesomorfía para las cinco especies**

## V. CONCLUSIONES

1. Las maderas de *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Trattinnickia peruviana* y *Ziziphus cinnamomum* presentan grano entrecruzado; las otras dos, presentan grano recto. Asimismo, las especies *Couratari guianensis*, *Micropholis guyanensis* y *Trattinnickia peruviana* presentan textura media, mientras que *Aspidosperma cylindrocarpon* y *Ziziphus cinnamomum* presentan textura fina.
2. Las cinco especies se caracterizan por presentar porosidad difusa, platina de perforación simple y apéndice en uno o ambos extremos del elemento vascular.
3. A nivel macroscópico se aprecia que sólo las especies de *Couratari guianensis*, *Micropholis guyanensis* y *Ziziphus cinnamomum* presentan parénquima visible con lupa de 10X; a nivel microscópico se observa que *Aspidosperma cylindrocarpon* tiene parénquima difuso y paratraqueal unilateral; *Micropholis guyanensis* en bandas delgadas; *Trattinnickia peruviana* difuso en agregados y *Couratari guianensis* reticulado; mientras que *Ziziphus cinnamomum* del tipo aliforme y aliforme confluyente.
4. Las especies de *Aspidosperma cylindrocarpon* y *Ziziphus cinnamomum*, *Trattinnickia peruviana* presentan radios multiseriados; *Couratari guianensis* radios uniseriados y biseriados, mientras que *Micropholis guyanensis* presenta radios multiseriados y fusionados.
5. La madera de *Aspidosperma cylindrocarpon* presenta fibras con punteaduras aereoladas, en tanto que las otras cuatro especies presentan fibras con punteaduras simples.

6. Las cinco especies estudiadas presentan un comportamiento mesomórfico y vulnerable al estrés hídrico, por lo que sus estructuras anatómicas se encuentran adaptadas para la eficiencia en el transporte de agua, lo que les permite desarrollarse en ambientes que presentan condiciones húmedas.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Continuar con los estudios de las propiedades físicas y mecánicas de las especies estudiadas, con el fin de establecer el uso potencial de cada especie.
- Incentivar la investigación ecoanatómica de las especies forestales, ya que no se ha realizado muchos estudios referentes a este tema, siendo un punto de apoyo importante en la reforestación el poder conocer las estrategias adaptativas de cada especie.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Baraňao, J. J., Penón, E. A., Craig, E., Cucciúfo, E., & De Falco, P. (2008). *Manual para identificación de maderas con aumento de hasta 10x*. Universidad Nacional de Lujan. Departamento de Tecnología. Producción Vegetal IV Dasonomía.
- Bolzon, G. I., Farla, R., Edis, A., y Nisgoski, S. (2013). Análisis de la estructura anatómica de la madera y del carbón de dos especies de Sapotaceae. *Maderas, Ciencia y Tecnología* 15(3), 311-320.
- Carlquist, S. (1977). Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. *American Journal of Botany*. 64(7):887-896.
- Chavesta, M (2013). Manual de procedimientos de campo y análisis de laboratorio para la evaluación anatómica de las especies del Género Cedrela. PE. 74Pp
- De Lima, M. 2011. Laminário virtual – UM software para auxílio na identificação de madeiras. Universidade federal do Paraná. Curitiba. Curitiba, BR. Consultado 01 de nov. 2020. Disponible en <http://www.madeira.ufpr.br/tccpublicados/teccmicheletelles.pdf>
- Détienne, P., Jacquet, P. (1983). Atlas d'identification des bois de l'amazonie et des regions voisines. Centre Technique Forestier Tropical. France.
- Grande, D., Polanco, C. (2007). Descripción anatómica de la madera de cuarenta especies del bosque Alto-Andino en Guasca, Cundinamarca. *Colombia Forestal* Vol. 10 N°20, 180-206.

Grande, D., Polanco, C. (2009). Análisis ecoanatómico, evolutivo y comparativo de la madera de 40 especies de dos asociaciones del Bosque Altoandino Colombiano. *Colombia forestal*, 12(1), 183-203. Consultados 05 de nov. 2020. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v12n1/v12n1a13.pdf>

Gonzales, E. (2008). Identificación organoléptica y macroscópica de maderas comerciales. Serie I Competencias Básicas para la Producción Industrial de Muebles de Madera. CITE Madera. Perú. Consultado 01 de ene. 2020. Disponible en: [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/571598/02.\\_Identificacion.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/571598/02._Identificacion.pdf)

Gutiérrez, B. (2011). Caracterización anatómica de anillos de crecimiento de especies forestales tropicales maderables con valor comercial para dendrocronología – Selva Central. Universidad Nacional del Centro del Perú. Consultado 01 de nov. 2020. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/2595/Beltran%20Gutierrez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

IAWA Committee International Association of Wood Anatomists. (1989). List of Microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin New Series* 10 (3):219-332.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. (1992). Normas e procedimentos em estudos de anatomía da madeira: angiospermas e gimnospermas. Brasília, BR, Directoria de Incentivo à Pesquisa e Divulgacao. 17p.

INSIDEWOOD. (2016). Inside Wood Database. Recuperado de <https://insidewood.lib.ncsu.edu/description?5>

ITTO - Organización Internacional de las Maderas Tropicales. (2020). Consultado 14 ene 2020a. Disponible en: <http://www.tropicaltimber.info/es/specie/amarillo-aspidosperma-cylindrocarpon/>

- ITTO - Organización Internacional de las Maderas Tropicales. (2020). Consultado 14 ene 2020b.  
 Disponible en: <http://www.tropicaltimber.info/es/specie/tauari-couratari-guianensis/>
- León, W. (2005). Anatomía ecológica del xilema secundario de un bosque seco tropical de Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*, 28(2): 257-274. Consultado 15 de dic. 2020.  
 Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/862/86228206.pdf>
- León, W. J. (2014). Anatomía de maderas de 108 especies de Venezuela. *Pittieria*, 267.
- León, W., Espinoza de Pernia, N. (2001). Anatomía de la madera. Universidad de los Andes. Consejo de Publicaciones. Mérida, Venezuela. Consultado 15 de dic. 2020. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/306102766/Anatomia-de-la-madera-Leon-Espinoza-de-Pernia-2001>
- Lindorf, H. (1994). Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. *Iawa Journal*, 15(4), 361-376.
- Lujan, J. y Chavesta, M. (2009). Estudio anatómico del leño diez especies tropicales del Perú. In *Anales científicos UNALM* (Vol. 70, No.2, pp137-144)
- Moglia, G., & Gimenez, A. M. (1998). Rasgos Anatómicos Característicos del Hidrosistema de las principales Especies Arbóreas de la región Chaqueña Argentina. *Forest Systems*, 7(1), 53-71. Consultado 09 de feb. 2021 Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/28052577\\_Rasgos\\_anatomicos\\_caracteristicos\\_del\\_hidrosistema\\_de\\_las\\_principales\\_especies\\_arboreas\\_de\\_la\\_Region\\_Chaquena\\_Argentina](https://www.researchgate.net/publication/28052577_Rasgos_anatomicos_caracteristicos_del_hidrosistema_de_las_principales_especies_arboreas_de_la_Region_Chaquena_Argentina)
- Moglia, J. G, Giménez, A. M, Hernández, P y Gerez, R, (2005). Anatomía de Madera. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina. Consultado 05 de nov. 2020. Disponible en: <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/sd-1-anatomia-de-madera.pdf>

Munsell Color Company. (1977). Munsell soil color charts. Baltimore, US, Macbeth division of Kollmorgen Corporation.

OSINFOR. (2013). Distribución de las especies forestales del Perú. Presidencia del Consejo de Ministros. Recuperado de <https://www.osinfor.gob.pe/publicaciones/distribucion-de-las-especies-forestales-del-peru-2013/>

OSINFOR. (2015). Fichas de identificación de especies forestales maderables de la Selva Central. Presidencia de Consejo de Ministros. Recuperado de <https://www.osinfor.gob.pe/publicaciones/fichas-de-identificacion-de-especies-forestales-maderables-de-la-selva-central/>

Parra, J. S. (2010). Determinación de índices de vulnerabilidad y mesomorfia en especies de Laurales de la selva San Eusebio (Mérida, Venezuela). *Pittieria* 34: 13-22. Consultado 05 Dic. 2020. Disponible en: <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/pittieria/article/viewFile/6626/6440>

Polanco, C. A., Caicedo, J. P., y Beltrán, D. H. (2014). Durabilidad natural y descripción anatómica de la madera de la especie *Caryodaphnopsis cogolloi* van der Werff. *Colombia Forestal* Vol. 17(1), 25-39.

Portal, L. A., y Sánchez, G. (2010). Ensayo del grano de 35 especies forestales proveniente de la provincia de Tambopata. Región de Madre de Dios - Perú.

Quispe, L. E. (2014). Caracterización dendrológica de 20 especies forestales del bosque montano húmedo en la region del Madidi. La Paz, Bolivia.

Rubio, J. (2002). Estadística. Universidad Nacional Agraria La molina. PE. 175 p.

Sibille, A. M., Rodríguez, M. (1996). Manual de identificación de especies forestales de la subregión andina. Lima, Perú: INIA-Perú.

## ANEXOS

### Anexo 1. Clasificación de elementos leñosos en base a sus dimensiones – según IAWA

#### Nº 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

#### Diámetro de poros

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

#### Longitud de elementos vasculares

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

### **N° de radios/mm**

Pocos	hasta 4
Poco numerosos	4 a 11
Numerosos	>11

### **Altura de radios**

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

### **Ancho de radios**

Muy finos	menor de 50um
Finos	51 a 100um
Medianos	101 a 200um
Anchos	>200 um

### **Longitud de fibras**

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

### **Diámetro de fibras**

Angostas	menor de 25um
Medianas	25 a 40um
Anchas	más de 40um

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

Muy gruesa: cuando el $\phi$ del lumen es menor de 1/3 del $\phi$ total	$\phi_L = < 1/3 \phi_{total}$
Gruesa: cuando el $\phi$ del lumen es de 1/3 a 1/2 del $\phi$ total	$\phi_L = < 1/3$ a $1/2 \phi_{total}$
Delgada: cuando el $\phi$ del lumen es de 1/2 a 3/4 del $\phi$ total	$\phi_L = < 1/2$ a $3/4 \phi_{total}$
Muy delgada: cuando el $\phi$ del lumen es mayor de 3/4 del $\phi$ total	$\phi_L = < 3/4 \phi_{total}$

**Anexo 2. Tabla de coeficiente de variabilidad establecido por Rubio (2002)**

---

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

---