

Evaluación Xilológica Multiescala de cinco Especies Forestales Comerciales del Ecuador: Un Enfoque hacia la Biotecnología de Materiales Naturales.

Multiscale Xylogical Evaluation of Five Commercial Forest Species from Ecuador: An Approach Towards the Biotechnology of Natural Materials.

Carvajal-Benavides, José Gabriel¹; Paredes-Rodríguez, Hugo Orlando²; Villalba-Flores, Euler Adonis³; Cifuentes-Vásquez, Johanna Katherine⁴; Alemán-Chamorro, Yajaira Elizabeth⁵; Colimba, Joel Josafat⁶.

Cita: Carvajal-Benavides, J. G., Paredes-Rodríguez, H. O., Villalba-Flores, E. A., Cifuentes-Vásquez, J. K., Alemán-Chamorro, Y. E., & Colimba, J. J. (2025). Evaluación Xilológica Multiescala de cinco Especies Forestales Comerciales del Ecuador: Un Enfoque hacia la Biotecnología de Materiales Naturales. *Innova Science Journal*, 3(3), 46-71. <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v3/n3/69>

Recibido: 03/04/2025

Aceptado: 31/05/2025

Publicado: 31/07/2025



Copyright: © 2025 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la [Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. \(CC BY-NC\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

- ¹ Universidad Técnica del Norte; Ecuador, Ibarra; <https://orcid.org/0000-0001-9920-4991> ; jgcarvajalb@utn.edu.ec
- ² Universidad Técnica del Norte; Ecuador, Ibarra; <https://orcid.org/0000-0002-5880-1607> ; hoparedes@utn.edu.ec
- ³ Universidad Técnica del Norte; Ecuador, Ibarra; <https://orcid.org/0009-0006-5078-639X> ; eavillalbf@utn.edu.ec
- ⁴ Universidad Técnica del Norte; Ecuador, Ibarra; <https://orcid.org/0009-0009-0472-2303> ; jkcifuentesv@utn.edu.ec
- ⁵ Universidad Técnica del Norte; Ecuador, Ibarra; <https://orcid.org/0009-0009-4535-747X> ; Yealemanc@utn.edu.ec
- ⁶ Universidad Técnica del Norte; Ecuador, Ibarra; <https://orcid.org/0009-0005-5046-4641> ; jjcolimbap@utn.edu.ec

¹ Autor Correspondencia

 <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v3/n3/69>

Resumen: La identificación precisa de especies forestales comerciales en Ecuador es clave para la gestión sostenible y el control del tráfico ilegal. Este estudio evaluó cinco especies mediante un enfoque xilológico multiescala que integró análisis organolépticos, anatómicos y microscópicos, siguiendo normas INEN y COPANT. Las muestras fueron recolectadas en Lita, Ibarra, y analizadas en la Universidad Técnica del Norte. Se caracterizaron vasos, parénquima y fibras con microscopía electrónica y análisis estadístico (95% de confianza, ±15% de error). Los resultados revelaron diferencias morfológicas significativas, permitiendo distinguir especies similares como *Juglans neotropica* y *Terminalia amazonia*. La investigación aporta datos estandarizados para fortalecer el control forestal y herramientas diagnósticas para el MAATE. También impulsa el uso sostenible de especies subutilizadas y la conservación mediante identificación taxonómica, ofreciendo una base científica sólida para estrategias silvícolas y valorización de los recursos forestales en Ecuador.

Palabras clave: Anatomía del tejido leñoso; Clasificación taxonómica; Especies forestales de Ecuador; Biotecnología aplicada a materiales; Análisis multiescala.

Abstract: Accurate identification of commercial forest species in Ecuador is key to sustainable management and control of illegal trade. This study evaluated five species using a multiscale xylogical approach that integrated organoleptic, anatomical and microscopic analyses, following INEN and COPANT standards. Samples were collected in Lita, Ibarra, and analyzed at the Universidad Técnica del Norte. Vessels, parenchyma and fibers were characterized with electron microscopy and statistical analysis (95% confidence, ±15% error). The results revealed significant morphological differences, making it possible to distinguish similar species such as *Juglans neotropica* and *Terminalia amazonia*. The research provides standardized data to strengthen forest control and diagnostic tools for MAATE. It also promotes the sustainable use of underutilized species and conservation through taxonomic identification, providing a solid scientific basis for silvicultural strategies and valorization of forest resources in Ecuador.

Keywords: Wood anatomy; Taxonomic identification; Ecuadorian forest species; Materials biotechnology; Multiscale characterization.

1. Introducción

La identificación exacta de especies forestales comerciales representa un reto fundamental para la gestión sostenible de bosques tropicales, especialmente en áreas megadiversas como Ecuador, donde se estima la existencia de cerca de 5000 especies arbóreas (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE], 2018). Aunque se han logrado avances en biotecnología y taxonomía, la identificación xilológica aún depende en gran medida de análisis organolépticos y anatómicos macroscópicos, los cuales, a pesar de su utilidad, pueden presentar errores debido a la similitud morfológica entre las especies (Mantilla-Ramirez et al., 2021). Esta limitación tiene implicaciones directas en la conservación, especialmente para especies catalogadas en CITES (Apéndices I y II), donde la confusión en la identificación puede facilitar el tráfico ilegal y la deforestación no regulada (Fernandez et al., 2022).

En Ecuador, el 14% de las especies forestales (≈ 700) son comercializadas activamente (MAATE, 2018), pero la falta de estudios anatómicos detallados y actualizados dificulta su diferenciación en puntos de control forestal. Por ejemplo, especies como *Juglans neotropica* (nogal) y *Terminalia amazonia* (roble) presentan características organolépticas superpuestas, lo que demanda herramientas diagnósticas basadas en microanatomía (Carvajal et al., 2023). A esto se suma la escasez de laboratorios especializados en anatomía de maderas (solo 7 universidades en Ecuador cuentan con esta capacidad), limitando la generación de datos estandarizados bajo normativas como la INEN 1158-1983-12 (Rodríguez et al., 2023).

Investigaciones recientes destacan el potencial de la biotecnología de materiales naturales para optimizar la identificación mediante marcadores anatómicos multiescala (Ferreira y Guillen, 2022). No obstante, persiste una brecha en la caracterización de especies subutilizadas, como *Piptocoma discolor* y *Cupania cinerea*, cuyas propiedades xilológicas podrían impulsar aplicaciones industriales sostenibles (Morejón et al., 2018). Este estudio aborda dicha brecha mediante un enfoque integrado que combina: Análisis macro/microscópico siguiendo protocolos COPANT 458 y INEN 1163; Caracterización de parámetros anatómicos clave (vasos, parénquima, fibras) con microscopía electrónica; Validación estadística (95% confiabilidad, IC $\pm 15\%$) para garantizar reproducibilidad; Los hallazgos aportarán una base científica para: a) Control forestal: Herramientas de identificación rápida para inspectores del MAATE; b) Biotecnología: Selección de especies con potencial para materiales lignocelulósicos (Alvarez, 2023); c) Conservación: Diferenciación de especies amenazadas frente a análogos comerciales (FAO-PROAMAZONÍA, 2021).

El objetivo de esta investigación es evaluar la potencialidad de uso industrial de especies forestales subutilizadas mediante análisis anatómicos y macroscópicos, contribuyendo al desarrollo de estrategias de silvicultura técnica basada en evidencia científica.

2. Materiales y Métodos

Este estudio se realizó en la ciudad de Ibarra, ubicada en la parroquia Caranqui, cantón Ibarra, provincia de Imbabura. Durante la fase de laboratorio y de campo, las muestras botánicas y las probetas de madera fueron recolectadas en la parroquia de Lita (coordenadas UTM 17N 788203, 90801; altitud de 874 msnm), también en el cantón Ibarra, provincia de Imbabura.

2.1. Ubicación del sitio

El cantón Ibarra limita al norte con la provincia del Carchi, al noroeste con la provincia de Esmeraldas, al oeste con los cantones Urququí, Antonio Ante y Otavalo, al este con el cantón Pimampiro, y al sur con la provincia de Pichincha. La ubicación geográfica en coordenadas UTM del centro de la ciudad es 10'041.000 al norte y 820.000 al oeste. Ibarra presenta una temperatura promedio de 15,9 °C, una precipitación anual entre 1000 y 1400 mm, y una altitud máxima de 2204 msnm (PDOT, 2015).

Figura 1

Ubicación del área de estudio

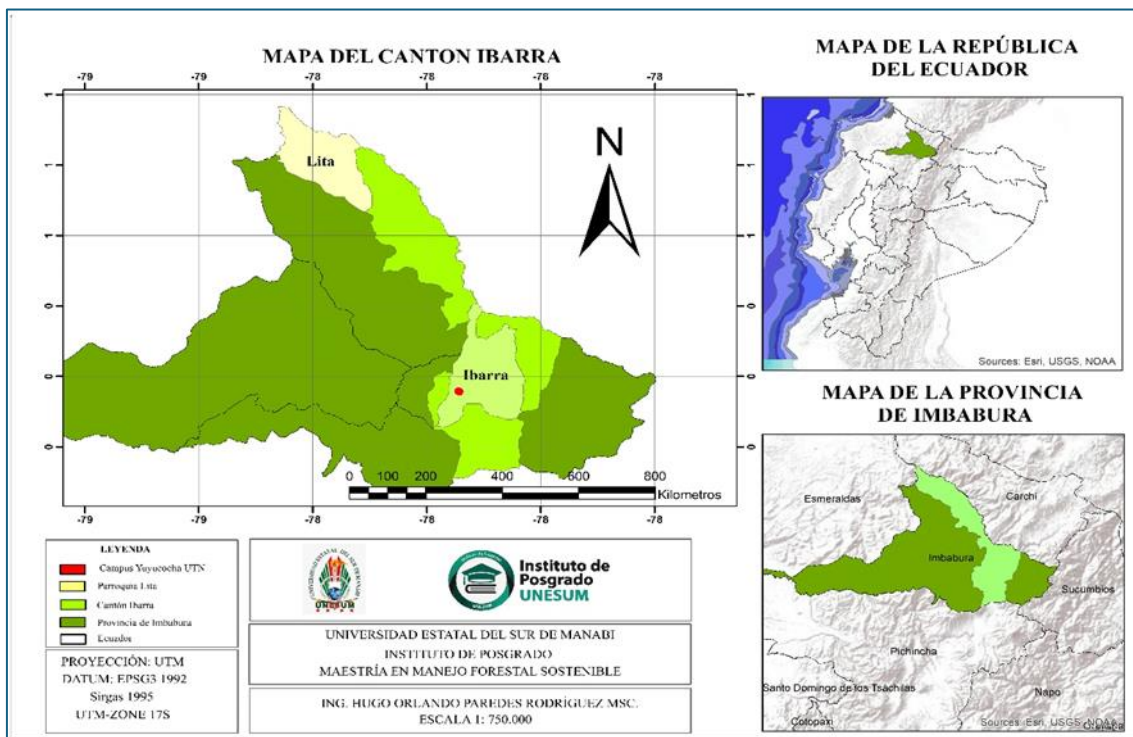


Tabla 1

Materiales, equipos.

| Materiales | Equipos |
|-------------------|------------------------|
| Machetes | Motosierras |
| Cuchillas | Secador |
| Cajas Petri | Cepilladora |
| Portaobjetos | Estereoscopio |
| Cubreobjetos | Microscopio |
| Safranina | Balanza digital |
| Bálsamo de Canadá | Cámara fotográfica |
| | Afiladora de cuchillas |
| | Estufa y durómetro |

La investigación tuvo dos fases; la de campo, de laboratorio, del análisis y procesamiento de la información.

2.2. La fase de campo

El procedimiento consistió en la recolección de muestras de madera pertenecientes a cinco especies forestales, las cuales fueron obtenidas en el sector de Cachaco, parroquia Lita, cantón Ibarra, provincia de Imbabura. Esta actividad se realizó bajo el amparo del permiso de investigación titulado “Autorización de recolección de especímenes de especies de la diversidad biológica No. 36; código MAATE-ARSFC-2023-0036”, emitido a nombre del Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez, docente-investigador de la Universidad Técnica del Norte (UTN), y respaldado por el Herbario UTN 2023.

La recolección de muestras botánicas se llevó a cabo siguiendo la metodología propuesta por Palacios (2017). Durante el proceso de identificación de los árboles, se recolectaron muestras botánicas fértiles, las cuales fueron prensadas y secadas conforme a los protocolos establecidos por el Herbario de la Universidad Técnica del Norte (Rodríguez et al., 2023). Posteriormente, mediante el método de comparación y curación de muestras, se realizó la identificación taxonómica de cada especie, procedimiento que se aplicó individualmente a cada árbol seleccionado.

Para obtener las muestras de madera se utilizó la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1159.

2.2.1. La población de estudio

La población de la investigación se basa en la información que se encuentra en el sistema de administración forestal (SAF), en esta, existen registradas 700 especies forestales que se comercializan, se tomó como muestra cinco especies.

Se realizó la investigación de las siguientes especies:

- *Piptocoma discolor (Kunth) Pruski;*
- *Castilla elastica Cerv;*
- *Cupania cinerea Poepp. y Endl;*
- *Juglans neotropica Diels;*
- *Terminalia amazonia (JFGmel.) Exell,*

Se caracterizó a cada individuo, tomando información del DAP (Diámetro a la altura del pecho), Altura, estado sanitario.

Según la norma INEN 1159, se requieren tres árboles para especie conocidas, sin embargo, con el fin de garantizar la información adecuada se procedió a obtener muestras de 5 árboles, con un 95% de seguridad estadística y un intervalo de confianza del 15%. Utilizando una motosierra para cortarlo en trozas.

De los árboles aprovechados se procedió a seleccionar las trozas; para posteriormente preparar las muestras de madera de la siguiente forma:

Se obtuvo dos muestras de madera de la sección transversal basal del árbol, de un espesor mínimo de 5 cm. Norma INEN 1163 (Ver la Figura 2 y 3).

Figura 2

Selección de la muestra

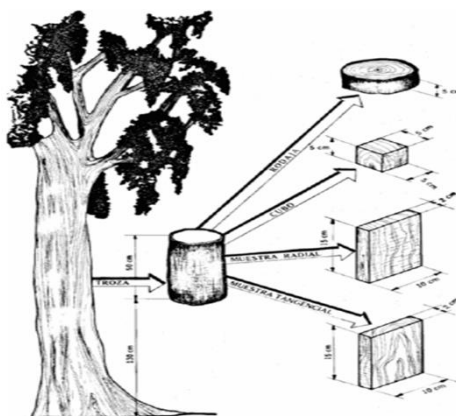
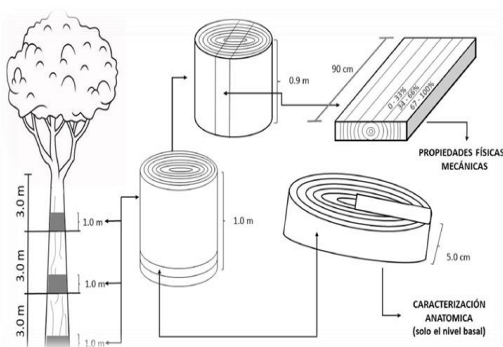


Figura 3

Obtención de rodajas de madera

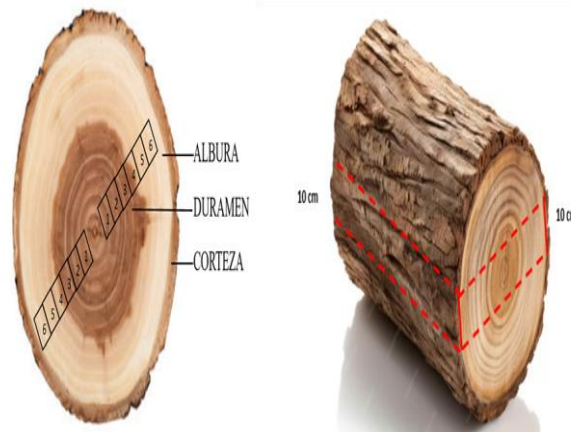


Fuente: SERFOR 2023.

Se obtuvieron viguetas de madera perfectamente orientadas que van desde la corteza hasta la médula del tronco. A continuación, se presenta la Figura 3.

Figura 4

Probetas obtenidas de los árboles seleccionados



Fuente: INEN 1159, modificada por el autor.

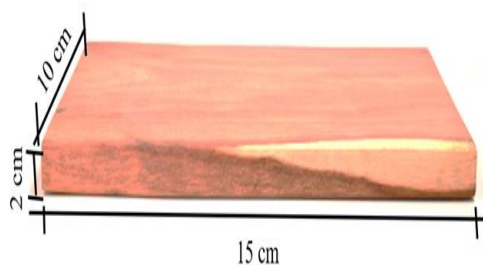
Para la preparación de probetas, para la descripción organoléptica, anatómica macro y microscópica se usó la Norma INEN 1163. Los equipos y materiales usados fueron la motosierra, cepilladora, la canteadora y la sierra de cinta.

2.2.2. Para la descripción organoléptica y macroscópicas.

De la troza se preparó dos probetas de madera perfectamente orientadas de cada especie, de forma tangencial y radial de las siguientes dimensiones:

Figura 5

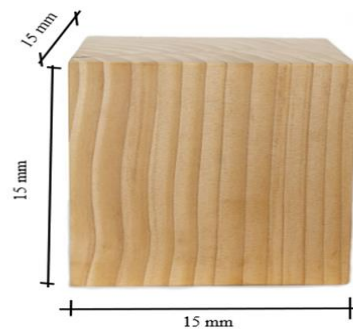
Probeta para descripción organoléptica de la madera.



Para la descripción microscópica se preparó cubos de 15 mm de lado, los cuales fueron sometidos a un proceso de ablandamiento mediante cocción. Los cubos fueron sumergidos en una solución para conservarla de agua destilada.

Figura 6

Probeta para descripción anatómica de la madera.



Las probetas para los ensayos de las propiedades físicas se prepararon bajo la Norma Panamericana COPANT 458, en la que el tamaño de la probeta fue:

2.3. Fase de laboratorio

La actividad se llevó a cabo en el campus Yuyucocha de la Universidad Técnica del Norte (UTN), específicamente en el Laboratorio de Anatomía de Maderas y Xiloteca, ubicado en el cantón Ibarra, provincia de Imbabura, en las parroquias San Francisco y Caranqui, Ecuador.

Con las probetas, del corte transversal de la troza, se describió la cantidad de albura y duramen que presenta la especie, esto expresado en %, además se describió la coloración y si presentan exudados o elementos macroscópicos que nos permitan diferenciar cada una de las especies. Así como la observación de forma conspicua o inconspicuas de los anillos de crecimiento, en la madera húmeda y seca.

Figura 7

Corte trasversal de una troza de madera



2.3.1. Descripción organoléptica de la madera.

Para la descripción organoléptica de la madera, se usó las probetas de (10 cm x 15 cm x 2 cm) con cortes tangenciales y radiales, se procedió a la descripción siguiendo el procedimiento establecido en la Norma INEN 1163; Color, sabor, olor, brillo, veteado, fibra o grano, y textura. Así como para determinar el color se usó la Tabla de Munsell (1975).

2.3.2. Descripción macroscópica.

Se describió todos aquellos aspectos de la estructura anatómica que se pueden distinguir a simple vista o con la ayuda de una lupa de 10 X.

2.3.3. Descripción microscópica.

Para la descripción microscópica se usó los cubos de madera orientados perfectamente y ablandados mediante cocción durante 2 a 4 horas. Se preparó con la ayuda del micrótopo varios cortes, y se realizó el montaje en placas para la observación.

Los cortes poseen un grosor entre (20 a 40 μm) para que se pueda observar los detalles anatómicos y estructurales de cada una de las especies estudiadas.

La observación de los elementos anatómicos se lo realizó con la ayuda de una lupa de un microscopio electrónico, en los cortes transversales, tangenciales y radiales, así como las mediciones de las estructuras anatómicas, de tal forma que se obtuvieron un promedio de los valores máximos y mínimos con un nivel de confianza del 95% y se encuentre dentro del margen de error permitido. Valores que se presentan en los resultados.

A continuación, se presenta los elementos que se describieron:

Vasos:

- **Poros:** según su distribución, según su disposición, según la frecuencia, en números por mm^2 , diámetro tangencial (en micras), longitud de los elementos vasculares (en micras).
- **Placa de perforación:** Inclinação, tipo de perforación, contenido, otros elementos vasculares.
- **Traqueidas:** Ausentes, presentes (Vasculares, vasicéntricas)
- **Puntuaciones:** Intervasculares, disposición de las puntuaciones, forma de las puntuaciones, disposición de la abertura de las puntuaciones, forma de la abertura, diámetro tangencial (en micras).

Parénquima y radio vasculares:

- **Parénquima axial:** por su disposición, forma de las células.
- **Parénquima radial (radios):** por el espesor de las células, frecuencia (por mm), tipos de células del radio, tipos de radios.
- **Fibras:** por la longitud en mm, diámetro en micras, espesor de las paredes, naturaleza de las fibras, puntuaciones, otras características, estratificación, inclusiones inorgánicas, forma, disposición.

3. Resultados

Se llevó a cabo la recolección de muestras botánicas en estado fértil, conforme a los protocolos internacionales establecidos para este propósito. Este procedimiento fue aplicado individualmente a cada ejemplar, con el objetivo de realizar una comparación técnica con la base de datos y los registros del Herbario de la Universidad Técnica del Norte (HUTN), y así validar su identificación taxonómica y su correspondiente nombre científico (Paredes, 2023). Esta actividad se realizó bajo el respaldo institucional de la patente, certificación y aval número MAATE-MCMEVS-2023-035, además de contar con la autorización oficial para: 1. la recolección de especímenes de especies de la diversidad

biológica, y 2. el código MAATE-ARSFC-2023-0036, que permite su movilización y traslado desde los sitios de muestreo hasta el campus Yuyucocha.

3.1. Características anatómicas de la madera en cinco especies forestales comerciales del noroccidente del Ecuador

A continuación, se detallan los resultados obtenidos en la investigación: el material recolectado en campo fue incorporado al Herbario de la Universidad Técnica del Norte (muestras botánicas), mientras que las probetas fueron registradas en el Laboratorio de Xiloteca y Anatomía de Maderas de la misma institución. En la Tabla 1 se presentan los códigos y datos correspondientes a las muestras y probetas de cada especie analizada.

Tabla 2

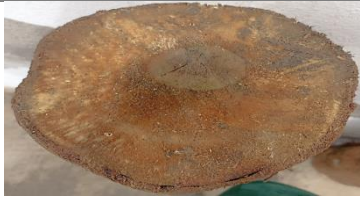

Nombre científico, muestra de xiloteca, herbario, procedencia.

| Nombre científico | Muestra Xiloteca | Muestra Herbario | Procedencia |
|---|------------------|------------------|--------------------|
| <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski. | 7250-2024-P-X | 7250-2024-P-H | Cachaco, Imbabura. |
| <i>Castilla elastica</i> Cerv. | 7251-2024-C-X | 7251-2024-C-H | Cachaco, Imbabura. |
| <i>Cupania cinerea</i> Poepp. y Endl. | 7252-2024-C-X | 7252-2024-C-H | Cachaco, Imbabura. |
| <i>Juglans neotropica</i> Diels. | 7253-2024-J-X | 7253-2024-J-H | Ambuquí, Imbabura. |
| <i>Terminalia amazonia</i> (JFGmel.) Exell. | 7254-2024-T-X | 7254-2024-T-H | Cachaco, Imbabura. |

A continuación, se presenta en la Tabla 3 las características dendrológicas observadas en las especies.

Tabla 3

Características macroscópicas de las especies estudiadas (corte transversal)

| Corte transversal | Nombre científico | Descripción |
|---|---|---|
|  | <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski. | Anillos de crecimiento poco visibles; no presenta látex ni exudaciones, diferenciación poco distintiva entre duramen y albura con un cambio gradual, albura ocupa un 30%, de color crema amarillento. La corteza ocupa 5 mm de grosor. Presencia de médula distintiva (Súber). |
|  | <i>Castilla elastica</i> Cerv | Los anillos de crecimiento son visibles a simple vista. La especie presenta abundante látex, el cual, al secarse, adquiere una coloración negra y se encuentra en mayor concentración en la corteza y la médula. La diferencia de color entre el duramen y la albura es poco marcada. La corteza tiene un grosor aproximado de 6 mm y se observa presencia de súber en la médula. |



Cupania cinerea
Poepp. y Endl

Anillos de crecimiento poco visibles; no presenta látex ni exudaciones, no distintivo entre el duramen y la albura, color crema amarillento pálido. Corteza muy fina 8 mm de grosor. La médula es visible a simple vista pero muy pequeña.



Juglans neotropica
Diels.

Los anillos de crecimiento se aprecian fácilmente a simple vista y presentan tonalidades diversas. No se observa presencia de látex. El duramen representa aproximadamente el 40% del volumen, con una coloración café rojiza, mientras que la albura constituye el 60%, con un tono café claro. La corteza tiene un espesor de 9 mm.



Terminalia amazonia
(JFGmel.)
Exell.

Se puede observar a simple vista los anillos de crecimiento con una coloración crema amarillenta que los diferencia, no presenta látex ni exudados, existe una diferencia leve entre el duramen y la albura que se distingue en su coloración, madera con gran cantidad de tñidos, lo que lo hace abrasiva al cortar, corteza de 6 mm de espesor.

Tabla 4


Características macroscópicas (Organolépticas)

| Especie | <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski. | <i>Castilla elastica</i> Cerv. | <i>Cupania cinerea</i> Poepp. y Endl. | <i>Juglans neotropica</i> Diels. | <i>Terminalia amazonia</i> (JFGmel.) Exell. |
|-------------------------|--|-----------------------------------|--|-------------------------------------|---|
| PROBETA (Tangencial) | | | | | |
| Color | Blanco crema 7,5Y 8,5/2 | Blanco amarillento 5Y 8,5/6 | Blanco rosado 2,5Y 9/4 | Café rojizo 5YR 4/4 | Blanco amarillento 10Y 8/6 |
| Olor | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente |
| Sabor | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente |
| Grano | Recto a inclinado | Recto | Recto | Recto a inclinado | Recto |
| Brillo | Medio | Intenso | Medio | Medio | Intenso |
| Textura | Media | Media | Fina | Media-gruesa | Fina |
| Veteado | Arcos superpuestos | Arcos superpuestos | Arcos superpuestos | Arcos superpuestos | Arcos superpuestos |
| Peso y dureza | Liviana y dura | Liviana y dura | Liviana y dura | Pesada y dura | Pesada y extradura |

Uso de la tabla de colores, (Munsell, 1975).

Tabla 4

Estructuras macroscópicas de la madera 10X

| Nombre común Nombre científico | Plano Macroscópico (Tangencial) | Corte (Transversal) 10X | Corte (Tangencial) 10X | Corte (Radial) 10X |
|--|---|---|--|---|
| Pigüe <i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski. |  |  |  |  |
| Caucho <i>Castilla elastica</i> Cerv. |  |  |  |  |
| Sabaleta <i>Cupania cinerea</i> Poepp. y Endl. |  |  |  |  |
| Nogal <i>Juglans neotropica</i> Diels. |  |  |  |  |
| Roble <i>Terminalia amazonia</i> (JFGmel.) Exell. |  |  |  |  |

Pigüe, *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski, Asteraceae

Corte transversal

Los anillos de crecimiento no presentan diferenciación visible

Porosidad: difusa en cuanto a su ubicación; los poros son de forma ovalada, de tamaño pequeño y en cantidad moderadamente escasa.

Distribución: principalmente en disposición radial, con muy pocos en orientación oblicua.

Agrupación: agrupados en series radiales cortas de tres poros, ocasionalmente de cuatro, y algunos pocos en racimos dispersos.

Contenido de los poros: sin inclusiones observables.

Parénquima: Apotraqueal difuso. porosidad por su *ubicación:* difusa, por su *forma:* oval; por su *tamaño:* pequeño; por la *cantidad:* moderadamente pocos; por la *disposición:* radial y muy escasos oblicuos; por la *agrupación:* múltiples radiales cortos de 3 muy escasos de 4, escasos arracimados; por su *contenido:* sin ningún tipo de inclusión. *Parénquima:* apotraqueal difuso. *Radios:* no estratificado. Células son procumbentes.

Corte tangencial

Presenta un veteado en forma de arcos superpuestos, generado por la alternancia de zonas oscuras y claras dentro de los anillos de crecimiento, visible únicamente en secciones específicas del corte. Los vasos son finos y continuos, dejando áreas con tonalidades amarillentas verdosas en la superficie de la madera.

Corte radial

Veteado en líneas paralelas producto de los anillos de crecimiento, no muy distintivo.

Caucho, *Castilla elastica* Cerv, Moraceae

Corte transversal

Anillos de crecimiento: Diferenciados; porosidad por su *ubicación:* difusa, por su *forma:* oval; por su *tamaño:* mediano; por la *cantidad:* muchos; por la *disposición:* múltiples radiales; por la *agrupación:* múltiples radiales cortos de 2 a 3 y escasos solitarios; por su *contenido:* con inclusión no muy distintivas y gomas. *Parénquima:* marginal y paratraqueal vasicéntrico y aliforme confluyente. *Radios:* no estratificado.

Corte tangencial

Veteado en arcos superpuestos productos del parénquima los anillos de crecimiento; vasos gruesos y continuos que dejan segmentos de coloración amarillenta verdosa, en la cara de la madera.

Corte radial

Veteado en líneas paralelas producto de los vasos, no muy distintivo.

Sabaleta, *Cupania cinerea* Poepp. y Endl., Sapindaceae

Corte transversal

Anillos de crecimiento: Diferenciados; porosidad por su *ubicación:* circular, por su *forma:* redondas; por su *tamaño:* pequeños; por la *cantidad:* muchos; por la *disposición:* múltiples radiales; por la *agrupación:* solitarios y múltiples radiales cortos de 2; por su *contenido:* depósitos de calcio blanquecino en pocos vasos. *Parénquima:* apotraqueal difuso y paratraqueal vasicéntrico no muy distintivo. *Radios:* no estratificado.

Corte tangencial

Vetado en arcos superpuesto con bandas cremas rosadas al inicio y final del anillo de crecimiento no muy conspicua.

Corte radial

Veteado en líneas producto de los vasos.

Nogal, *Juglans neotropica* Diels, Juglandaceae**Corte transversal**

Anillos de crecimiento: Diferenciados; porosidad por su *ubicación*: circular-semicircular por su *forma*: redondas a ovalados; por su *tamaño*: grandes; por la *cantidad*: muchos; por la *disposición*: radiales; por la *agrupación*: solitarios y múltiples radiales cortos de 2 a 3; por su *contenido*: depósitos de tálides e inclusiones. *Parénquima*: apotraqueal difuso y paratraqueal vasicéntrico no muy distintivo. *Radios*: no estratificado.

Corte tangencial

Vetado en arcos superpuesto con bandas cafés rojizas producto de los anillos de crecimiento muy bien diferenciados.

Corte radial

Veteado en líneas paralelas.

Roble, *Terminalia amazonia* (JFGmel.) Exell.; Combretaceae**Corte transversal**

Anillos de crecimiento: Diferenciados; porosidad por su *ubicación*: difusa, por su *forma*: redonda; por su *tamaño*: median; por la *cantidad*: muchos; por la *disposición*: radiales oblicuos; por la *agrupación*: solitarios; por su *contenido*: con depósitos de sílice de color amarillento. *Parénquima*: paratraqueal vasicéntrico confluyente formando en algunos casos bandas anchas. *Radios*: no estratificado.

Corte tangencial

Vetado en arcos superpuesto de color amarillo oscuro producto de los anillos de crecimiento muy bien diferenciados.

Corte radial

Veteado en líneas paralelas.

Tabla 5

Estructuras microscópicas de la madera

| Nombre Común Nombre Científico | Plano Macroscópico (Tangencial) | Corte Microscópico (Transversal) 40x | Corte Microscópico (Tangencial) 40x | Corte Microscópico (Radial) 40x |
|--|------------------------------------|--|---|---------------------------------------|
| Pigüe <i>Piptocoma discolor</i> . | | | | |
| Caucho <i>Castilla elastica</i> . | | | | |
| Sabaleta <i>Cupania cinerea</i> Poepp. y Endl. | | | | |
| Nogal <i>Juglans neotropica</i> Diels. | | | | |
| Roble <i>Terminalia amazonia</i> . | | | | |

Pigüe; *Piptocoma discolor* (Kunth) Prusk; Asteraceae

Poros: Poros solitarios y muy pocos múltiples radiales de 3, ovalados con diámetros (89,43-448 μm); espesor de la pared del vaso promedio 8,41 μm ; diámetro promedio de las puntuaciones de la pared en el vaso de 5,8 μm ; longitud promedio del vaso 223,19 μm .


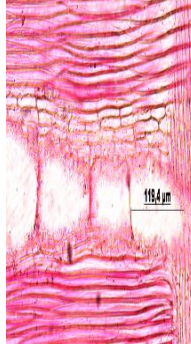
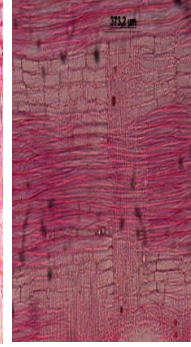
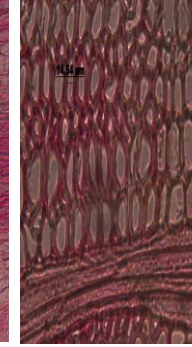
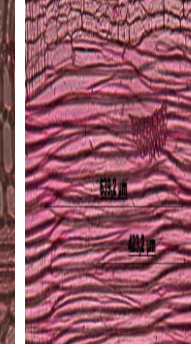
Parénquima: Apotraqueal difuso, con series de 3 a 8 células, con una altura de la serie de (49-140 μm); con un diámetro tangencial de las células de 12 μm .

Radios: Radios en el corte transversal entre 2 a 4 por cada mm^2 , con una altura de 12 células promedio; y una altura entre 167-264 μm . células son procumbentes

Fibras: Diámetro tangencial de la fibra promedio de 39,21 μm , diámetro promedio del lumen 23,30 μm ; espesor promedio de la pared de la fibra 7,96 μm ; longitud de la fibra 519 μm .

Tabla 6

Características microscópicas de: *Pigüe; Piptocoma discolor (Kunth) Prusk; Asteraceae.*

| | | | | |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |
| Corte transversal, diámetro del poro | Corte radial, longitud del vaso | Corte radial, células del radio | Corte transversal, espesor de la pared celular de la fibra | Corte radial, longitud de la fibra |

Caucho; *Castilla elastica Cerv; Moraceae*

Poros: Poros múltiples radiales de 2 a 3, ovalados con diámetros (320-703 μm); espesor de la pared del vaso promedio 10 μm; diámetro promedio de las puntuaciones de la pared en el vaso de 7 μm; longitud promedio del vaso 1200 μm.

Parénquima: Paratraqueal vasicéntrico, con series de 4 a 15 células, con una altura de la serie de (221-245 μm); con un diámetro tangencial de las células de 26 μm.

Radios: Radios en el corte transversal entre 4 a 5 por cada mm², con una altura de 8 células promedio; y un grosor entre 93-177 μm.

Fibras: Diámetro tangencial de la fibra promedio de 39,82 μm, diámetro promedio del lumen 28,36 μm; espesor promedio de la pared de la fibra 5,73 μm; longitud de la fibra 291 μm.

| | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--|
| Corte transversal, diámetro del poro | Corte tangencial, longitud del vaso | Corte radial, células del radio | Corte tangencial, punteaduras. | Corte tangencial, longitud de la fibra |
|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--|

Nogal; *Juglans neotropica* Diels; Juglandaceae.

Poros: Poros solitarios y múltiples radiales de 2 a 3, redondos con diámetros (72-153 μm); espesor de la pared del vaso promedio 14,93 μm ; diámetro promedio de las puntuaciones de la pared en el vaso de 9,85 μm ; longitud promedio del vaso 433,5 μm .

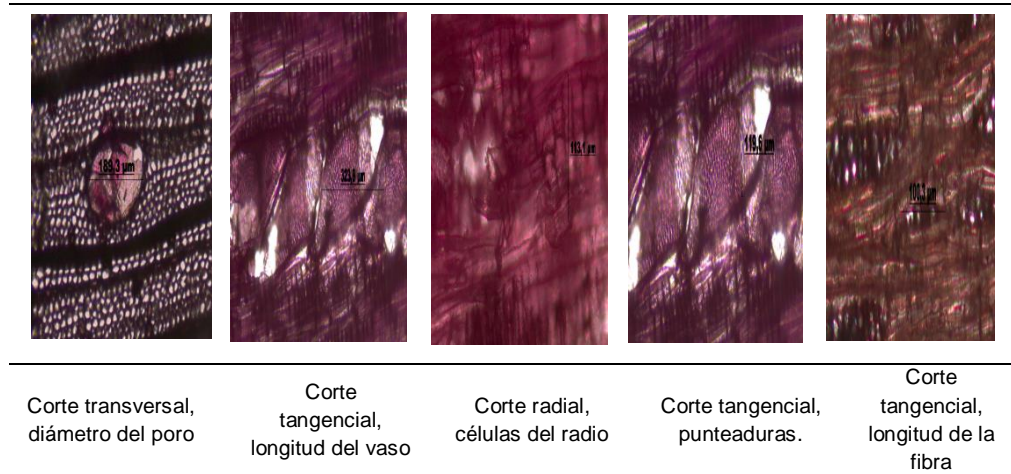
Parénquima: Apotraqueal difusa, con series de 3 a 8 células, y paratraqueal vasicéntrico, con una altura de la serie de (54-144 μm); con un diámetro tangencial de las células de 21,06 μm .

Radios: Radios en el corte transversal entre 9 a 11 por cada mm^2 , con una altura de 13 células promedio; y un grosor entre 96-116 μm .

Fibras: Diámetro tangencial de la fibra promedio de 22,24 μm , diámetro promedio del lumen 11,98 μm ; espesor promedio de la pared de la fibra 5,13 μm ; longitud de la fibra 300 μm .

Tabla 91

Características microscópicas de: *Nogal; Juglans neotropica* Diels; Juglandaceae



Roble, *Terminalia amazonia* (JFGmel.) Exell.; Combretaceae

Poros: Poros solitarios oblicuos, redondos con diámetros (131-178 μm); espesor de la pared del vaso promedio 23,93 μm ; diámetro promedio de las puntuaciones de la pared en el vaso de 9 μm ; longitud promedio del vaso 757,70 μm .

Parénquima; Paratraqueal confluyente en bandas , con series de 9 a 28 células, con una altura de la serie de (215-414 μm); con un diámetro tangencial de las células de 21,93 μm .

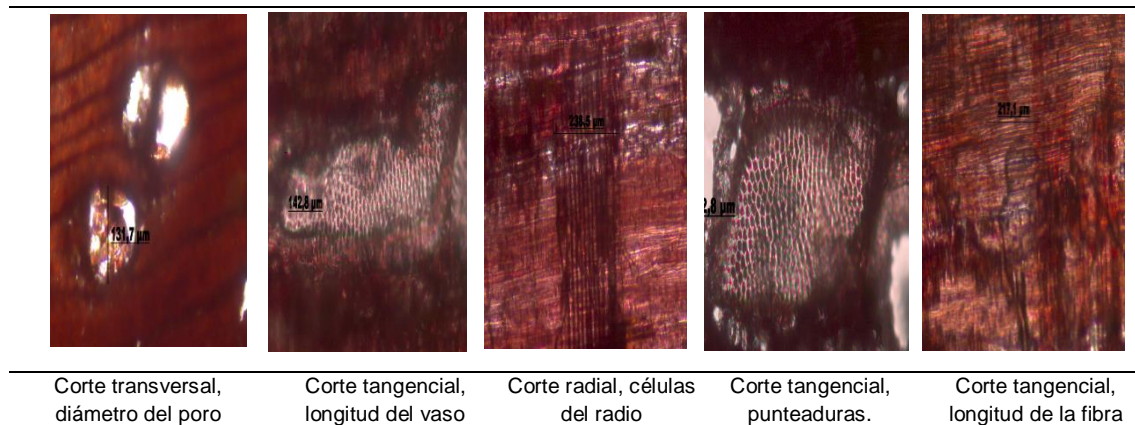
Radios: Radios en el corte transversal entre 8 a 23 por cada mm², con una altura de 21 células promedio; y un ancho entre 156-238 µm. Células procumbentes; uniseriados y homogéneos.

Fibras: Diámetro tangencial de la fibra promedio de 36,08 µm, diámetro promedio del lumen 24,22 µm; espesor promedio de la pared de la fibra 5,80 µm; longitud de la fibra 289 µm.

Tabla 10

2

Características microscópicas de: Roble, *Terminalia amazonia* (JFGmel.) Exell.; Combretaceae



4. Discusión

En el estudio realizado por Tene (2013), sus resultados nos indican que la especie posee un color blanco (10YR 8/2), anillos de crecimiento poco visibles, transición albura duramen gradual (duramen menor al 50%), textura media, grano recto, veteado en arcos superpuestos y satinado, olor, sabor ausente, brillo opaco; en la investigación realizada se obtuvo un color blanco crema 7,5Y 8,5/2, anillos poco visibles (duramen 30%), grano recto a inclinado, veteado en arcos superpuestos, textura media, olor y sabor ausente, brillo medio, madera liviana a suave, lo que se asemeja en gran parte a lo descrito en la investigación con diferencias específicas en el color, en el % de duramen.

Tene (2013), describe la porosidad como difusa, con poros solitarios y múltiples (de 2 a 3), de forma ovalada, con un promedio de 9 poros por mm² y un diámetro tangencial medio de 102,06 µm. En cuanto a los radios, reporta un promedio de 12 por sección, con una altura promedio de 262,32 µm. La longitud media de las fibras es de 964,79 µm, con un espesor de pared celular de 4,04 µm. En la presente investigación, se registraron diámetros de poros entre 89,43 y 448 µm; alturas de radios entre 167 y 264 µm; una longitud promedio de fibra de 519 µm; y un espesor de pared celular de 7,96 µm. Aunque los valores obtenidos difieren, se mantienen dentro de rangos comparables a los reportados por Tene.

Peralta (2022), en su estudio, señala que la especie presenta sabor ausente y un olor desagradable. La albura tiene un color verde claro en estado fresco y se mantiene clara al secarse, al igual que el duramen, que también muestra un tono verde claro en fresco

y claro en seco. La madera posee una textura fina, carece de brillo, es liviana y muestra un veteado en forma de arcos superpuestos en V, con un grano inclinado.

No se identifican anillos de crecimiento definidos; estos son difusos, porque los vasos se distribuyen en patrones dendríticos y suelen encontrarse en grupos. Las placas de perforación son simples y las punteaduras intervasculares son alternas, con un tamaño diminuto ($\leq 4 \mu\text{m}$). Se observan gomas y otros depósitos en los vasos del duramen. Las fibras presentan paredes que varían de delgadas a gruesas.

El parénquima axial es de tipo apotraqueal difuso, paratraqueal vasicéntrico y confluyente, además de presentar bandas marginales o aparentemente marginales. Las hebras de parénquima están conformadas por 3 a 4 células. Los radios tienen un ancho común de 4 a 10 series, con alturas superiores a 1 mm y presencia de radios de dos tamaños diferentes. En cuanto a su composición celular, todos los radios están formados por células procumbentes.

Estas características, especialmente las relacionadas con el parénquima, difieren en algunos aspectos de otras descripciones, aunque presentan similitudes con los demás elementos analizados en esta investigación.

***Castilla elastica* Cerv**

Según Montero (2012), la especie de caucho no presenta una diferenciación clara entre albura y duramen. En estado seco, ambos muestran una coloración amarillo pálido (2,5Y 7/4). El veteado está definido por las bandas de parénquima, la textura se describe como gruesa, el olor y el sabor son imperceptibles, y el brillo es opaco. El grano es recto y los anillos de crecimiento son indistintos o ausentes. El parénquima se caracteriza como vasicéntrico confluyente, formando bandas gruesas. Estas observaciones coinciden parcialmente con los resultados de esta investigación, especialmente en lo referente a la relación entre albura y duramen, así como en el patrón de veteado. Sin embargo, difieren en aspectos como la coloración y la textura.

Respecto a los poros, Montero indica que son visibles a simple vista, de tamaño medio, dispuestos tanto de forma solitaria como múltiple. Aunque su descripción es general, coincide con los hallazgos del presente estudio, que proporciona mayor detalle: se observan agrupaciones de poros en disposición radial de 2 a 3 células, con aglomeraciones visibles, porosidad difusa, sin patrón específico y sin la presencia de tílides ni gomas en los vasos. El parénquima es visible a simple vista, de tipo paratraqueal vasicéntrico y confluyente, con presencia ocasional de parénquima losangular y aliforme con alas cortas.

***Cupania cinerea* Poepp. y Endl**

En el trabajo de Rendón *et.al.*, (2021); describe un color rosa, grano entrecruzado, ondulado y recto, olor, sabor no característico, textura media, veteado suave pronunciado, en su mayor parte similar a los resultados obtenidos en la investigación, ya que no presenta detalles adicionales.

***Juglans neotropica* Diels**

Alvarez (2023) establece en su estudio que el nogal posee una porosidad semicircular con parénquima marginal, poros solitarios, múltiples y anidados; con tílides y oclusiones; vasos con longitudes entre 400 a 700 μm , en el estudio realizado se obtuvo un promedio de la longitud de los vasos de 433 μm ; mientras que Avila y Herrera (1990) establece que tiene una porosidad difusa, con un veteado acentuado, poros solitarios y múltiples radiales, ovalado, sin inclusiones, con un diámetro de 182 μm y pocos, en cuanto a la fibras con una longitud de 900 a 1600 μm , estos resultados difieren con la investigación realizada con la presencia de tílides en los poros y una porosidad circular; muy diferente a lo obtenido en cuanto a la longitud 300 μm . Mientras que Carvajal *et al.*, (2023) describe con poros solitarios y múltiples radiales de 2 a 3, redondas y ovalados con tílides escasos e inclusiones con parenquima paratraqueal y apotraqueal marginal.

Peralta (2022) caracteriza al nogal con un sabor amargo-astringente y sin presencia de olor. La albura presenta una tonalidad marrón verdosa en estado fresco y marrón en seco, al igual que el duramen. La textura es media, con un brillo intermedio y un peso ligeramente elevado. El veteado se manifiesta en forma de arcos. Los anillos de crecimiento son visibles y la madera muestra una estructura semi porosa. Los vasos están dispuestos en patrones radiales, son solitarios, con placas de perforación simples y punteaduras intervasculares alternas de tamaño pequeño (entre 4 y 7 μm). Se reporta la presencia común de tilosis.

Las fibras presentan paredes que varían de delgadas a gruesas. El parénquima axial se describe como apotraqueal difuso en agregados, con presencia escasa de parénquima paratraqueal, además de parénquima dispuesto en bandas de más de tres células de ancho y con patrón reticulado. Cada hebra de parénquima está compuesta por entre 3 y 4 células. Los radios presentan un ancho de 1 a 3 series, y existen radios de dos tamaños distintos. La composición celular de los radios incluye células procumbentes con una sola fila de células marginales verticales y/o cuadradas.

Esta descripción aporta un nivel de detalle considerable y muestra una alta concordancia con los resultados obtenidos en la investigación realizada, validando en gran medida las observaciones anatómicas registradas.

De acuerdo con Ferreira (2023), en su estudio, señala que la especie analizada presenta anillos de crecimiento claramente definidos, delimitados por una banda de fibras acortadas en sentido radial y elongación de los radios. La porosidad es difusa, con vasos dispuestos en patrones radiales, presentes de forma solitaria o en grupos de 2 a 5, con formas redondeadas. Las placas de perforación son simples, y las punteaduras intervasculares se distribuyen de manera alterna. Los radios vasculares son similares a los intervasculares, y ambos son de tamaño diminuto. Los vasos tienen un diámetro medio (entre 100 y 200 μm) y una frecuencia de aproximadamente 10 vasos por mm^2 .

Las fibras son libriformes, con paredes de espesor medio. El parénquima axial es de tipo apotraqueal difuso en agregados, con tres células por hebra. Se reporta la presencia de gránulos de almidón y cristales dentro de las células del parénquima tanto axial como

radial. Los radios son uniseriados y multiseriados (de 1 a 4 células de ancho), no estratificados y de naturaleza heterogénea, compuestos por células procumbentes, cuadradas y erectas marginales. Se observó una frecuencia de 10 radios por milímetro lineal, además de inclusiones minerales en las células radiales.

Aunque existen diferencias en el nivel de detalle de la descripción, los resultados reportados por Ferreira coinciden en gran medida con los hallazgos de la investigación realizada, especialmente en cuanto a los tipos de tejidos, disposición de elementos anatómicos y estructuras celulares observadas.

***Terminalia amazonia* (JFGmel.) Exell**

Según Montero (2012) describe la madera con una tonalidad amarillenta, vetas de textura fina y un peso moderado. Señala la presencia de parénquima aliforme y confluyente, distribuido en bandas finas y gruesas. Por su parte, Peralta (2022) menciona que esta madera carece de olor, presenta una albura de color verde amarillento que al secarse se torna marrón, mientras que el duramen es marrón tanto en estado verde como seco. La textura es media, sin brillo, con peso ligero y un vetado en bandas paralelas, además de un grano entrecruzado.

Los anillos de crecimiento son visibles y difusos; los vasos están dispuestos en patrones radiales y son solitarios. Las placas de perforación son escalariformes, las punteaduras intervasculares son alternas y de tamaño medio (7–10 μm). También se identifican gomas y otros depósitos en los vasos del duramen. Las fibras presentan paredes que van de delgadas a gruesas. El parénquima axial es ausente o extremadamente escaso, aunque también se observa paratraqueal aliforme adiamantado y confluyente. Las hebras de parénquima están compuestas por dos células. Los radios son exclusivamente uniseriados, con dos tamaños diferenciados, y su composición celular está formada únicamente por células procumbentes; existe diferencia en la descripción de la textura con Peralta, coincidiendo en su mayoría con Montero.

Mientras que PADT-REFOR (1974) describe con poros solitarios y múltiples de 2 a 4, con algunas agrupaciones racemiformes, con tendencia a hileras oblicuas a onduladas; con un diámetro tangencial de 160 μm ; parénquima en bandas onduladas continuas tangenciales, radios homogéneos uniseriados, con una altura de células entre 6 a 20; Por su parte, FAO-PROAMAZONÍA (2021) señala la presencia de poros solitarios y, en menor proporción, agrupaciones radiales o racemosas de 2 a 3 poros, con tamaños que varían entre medianos (100–200 μm) y grandes (200–300 μm). También se describen radios uniseriados, homogéneos y conformados por células procumbentes. Estas características coinciden en gran medida con los resultados obtenidos en la presente investigación.

El análisis multiescala de las características anatómicas de cinco especies forestales comerciales del noroccidente ecuatoriano (*Piptocoma discolor*, *Castilla elastica*, *Cupania cinerea*, *Juglans neotropica* y *Terminalia amazonia*) permitió reconocer patrones distintivos en la estructura del xilema, esenciales para su correcta identificación, potencial uso industrial y aplicación en planes de conservación. Estos resultados se contrastan y refuerzan con estudios recientes realizados entre 2019 y 2024, lo que consolida su validez científica y su potencial de aplicación en biotecnología.

- **Variabilidad Anatómica y Clasificación Taxonómica**

Los resultados confirman que la porosidad difusa en *Piptocoma discolor* y *Castilla elastica* coincide con lo reportado para especies de *Asteraceae* y *Moraceae*, respectivamente (Ferreira et al., 2022; SERFOR, 2023). Sin embargo, la presencia de poros solitarios y múltiples radiales en *P. discolor* difiere de estudios previos (Tene, 2013), lo que sugiere influencia de factores ambientales en la plasticidad anatómica (Alvarez, 2023). Para *C. elastica*, la abundancia de látex y parénquima vasicéntrico concuerda con adaptaciones a estrés hídrico (Montero, 2012), pero contrasta con la ausencia de tílides reportada en otras poblaciones (FAO-PROAMAZONÍA, 2021), indicando posibles variaciones intraespecíficas.

En *Cupania cinerea* y *Juglans neotropica*, la porosidad circular/semicircular y parénquima apotraqueal difuso reflejan adaptaciones a bosques húmedos (Peralta, 2022). No obstante, la longitud de fibras en *J. neotropica* (300 μm) es significativamente menor que en estudios brasileños (900–1600 μm ; Avila y Herrera, 1990), lo que podría atribuirse a diferencias altitudinales o metodológicas (Carvajal et al., 2023). Estos hallazgos respaldan la necesidad de estándares regionales para la caracterización anatómica (INEN, 2012).

- **Implicaciones para la Identificación y Conservación**

La presencia de sílice en *Terminalia amazonia* y tílides en *J. neotropica* son rasgos críticos para diferenciarlas de especies similares en controles forestales (CITES, 2002). Estos marcadores anatómicos, validados por microscopía electrónica (SERFOR e ITP/CITEMadera, 2022), mejoran la precisión en la identificación frente a métodos tradicionales basados en organolepsia (Mantilla-Ramirez et al., 2021). Además, la alta frecuencia de radios en *C. cinerea* (15–18/ mm^2) y su asociación con depósitos de calcio (Rendón et al., 2021) podrían utilizarse como indicadores de calidad para aplicaciones en biotecnología de materiales (OIMT, 2013).

- **Limitaciones y Prospectiva**

Aunque este estudio amplía el conocimiento anatómico de especies ecuatorianas, se requieren análisis complementarios (e.g., espectroscopía RAMAN, micro-CT) para validar la correlación entre estructura y propiedades mecánicas (Fernandez et al., 2022). La escasez de datos genómicos en *P. discolor* y *T. amazonia* resalta la necesidad de integrar estudios moleculares con anatomía comparada (Vanegas y Rojas, 2018).

5. Conclusiones

El análisis multiescala de las características anatómicas de cinco especies forestales comerciales del noroccidente de Ecuador (*Piptocoma discolor*, *Castilla elastica*, *Cupania cinerea*, *Juglans neotropica* y *Terminalia amazonia*) pone en evidencia hallazgos clave con repercusiones relevantes en los ámbitos de la taxonomía, la conservación y el desarrollo de biotecnologías aplicadas a materiales.

La evaluación multiescala de las cinco especies forestales (*Piptocoma discolor*, *Castilla elastica*, *Cupania cinerea*, *Juglans neotropica*, y *Terminalia amazonia*)

evidenció patrones anatómicos distintivos vinculados a sus estrategias ecológicas y potencial industrial. La porosidad difusa en *P. discolor* y *C. elastica* (**Asteraceae** y **Moraceae**) sugiere adaptaciones a ambientes con fluctuaciones hídricas, respaldando hallazgos previos en taxones neotropicales (Ferreira et al., 2022). En contraste, la porosidad circular/semicircular en *C. cinerea* y *J. neotropica* refleja especializaciones para bosques húmedos, aunque con divergencias en longitud de fibras (300 µm vs. 900–1600 µm en otras regiones; Avila y Herrera, 1990), lo que subraya la influencia de factores edafoclimáticos locales (Alvarez, 2023).

La presencia de sílice en *T. amazonia* y tílides en *J. neotropica* constituyen rasgos diagnósticos críticos para diferenciar especies comercialmente vulnerables (CITES, 2002). Estos marcadores, validados mediante microscopía electrónica (SERFOR e ITP/CITEmadera, 2022), superan las limitaciones de métodos organolépticos tradicionales (Mantilla-Ramirez et al., 2021), ofreciendo herramientas confiables para el control de tráfico ilegal y la gestión forestal sostenible.

La alta frecuencia de radios en *C. cinerea* (15–18/mm²) y su asociación con depósitos de calcio (Rendón et al., 2021) sugieren aplicaciones en materiales. Asimismo, la estructura fibrosa de *J. neotropica* (paredes de 5.13 µm) y la resistencia mecánica de *T. amazonia* la posicionan como candidata para biomateriales estructurales (OIMT, 2013).

Referencias Bibliográficas

- Alvarez, A. E. (2023). Para obtener el título profesional de ingeniero ambiental. *Influencia climática en la anatomía de la madera de Juglans neotropical en los bosques de montaña montano, Chanchamayo-Parú*. Huancayo, Perú: Universidad Continental.
- Alvarez, A. E. (2023). *Influencia climática en la anatomía de la madera de Juglans neotropica*. Universidad Continental.
- Avila, G. b., y Herrera, J. D. (1990). *Juglan neotropica*. Bogota, Colombia: Ministerio de Agricultura.
- Carvajal Benavides, J. G. ., Sono Toledo, D. D. ., Arcos Unigarro, C. R. ., Basantes Vizcaíno, T. F. ., Paredes Rodríguez, H. O. ., y Varela Jácome , G. D. . (2023). Caracterización de las propiedades organoléptica y anatómica de juglans neotropica diels, (nogal) en la provincia de Imbabura . *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(6), 647–659. <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i6.883>
- CITES. (2002). *Guía de identificación de maderas CITES-Maderas Tropicales*. Canada, Canadá: USAD.
- Determinación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de tres Especies Forestales Andinas: Platuqueo (*Styloceras* sp), Yagual (*Polylepis racemosa*), Nogal (*Juglans neotropica*). (11 de septiembre de 2013). Riobamba, Chimborazo, Ecuador. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/2788>
- FAO-PROAMAZONÍA. (2021). *Catálogo dendrológico y anatómico de especies forestales*. PNUD.
- Fernandez, J. I., Seco, G., García, M. C., y Cabezas, J. A. (2022). Ficha técnica para identificación botánica de maderas comerciales. *Ficha técnica para identificación botánica de maderas comerciales*. Madrid, España: MITECO.
- Ferreira, C. A. (15 de octubre de 2023). *Anatomía de la madera: marcadores anatómicos de los anillos de crecimiento*. Río de Janeiro, Brasil: Universidad Continental.

- Ferreira, C. A., y Guillen, g. I. (2022). *Guía de anatomía e identificación de 50 especies maderables comerciales en la selva central, Perú*. Fondo Editorial. <https://doi.org/e-ISBN 978-612-4443-43-5>
- Flores, J. F. (10 de mayo de 2001). Evaluación de cuatro especies forestales en rendimiento de celulosa para la fabricación de papel. *Evaluación de cuatro especies forestales en rendimiento de celulosa para la fabricación de papel*. Tarapoa, Parú: Universidad nacional de San Martín.
- Hernandez, W. J., y pernia, N. E. (2001). *Anatomía de la madera*. Merida, Venezuela: Universidad de los Andes.
- INEC 1158-1983-12. (5 de 10 de 1983). Maderas. selección y colección de muestras. *Norma INEC 1158-1983-12*. Quito, Pichincha, Ecuador: INEC.
- INEN. (20 de 11 de 2012). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1163:1984. *MADERAS. MÉTODO PARA LA DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES MACROSCÓPICAS Y MICROSCÓPICAS*. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Jimez, J. E. (2013). Claves taxonómicas para el reconocimiento de los árboles en el Rodeo, valle Central de Costa Rica. *BRENESIA*, 4-35.
- Kollmann, F. (1959). *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*. Instituto forestal de investigación y experiencias en el servicio de la madera.
- MAE. (2018). Estadísticas del patrimonio natural del Ecuador continental. Quito, Pichincha, Ecuador: MAE.
- MAE. (23 de 2 de 2015). *NORMAS PARA EL MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE. Acuerdo Ministerial 125*. Quito, Pichincha, Ecuador: Registro Oficial Edición Especial 272 de 23-feb.-2015.
- MAE-FAO. (10 de MAYO de 2014). Propiedades Anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales. Quito, Pichincha, Ecuador: MAE-FAO, (105 PÁG).
- Mantilla-Ramirez, N., Boada, H. O., Paja-Sarria, M., y Sepulveda, A. S. (2021). Identificación de especies de maderas locales mediante el uso de nariz electrónica y aprendizaje automático: Un experimento preliminar. <https://doi.org/https://doi.org/10.17981/ingecuc.17.1.2021.15>
- Ministerio para transición Ecológica y el reto demográfico. (12 de enero de 2023). *Vicepresidencia tercera del gobierno*. Ministerio para transición Ecológica y el reto demográfico: <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/internacional-especies-madera/madera-legal/sistema/analisis-maderas.html>
- Montero, M. A. (2012). Manual para la identificación de maderas a nivel macroscópico de 110 especies maderables del caribe norte de Costa Rica. En M. A. Montero, *Manual para la identificación de maderas a nivel macroscópico de 110 especies maderables del caribe norte de Costa Rica*. (pág. 158). Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Montero, M. A. (2012). *MANUAL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE MADERAS A NIVEL MACROSCÓPICO DE 110 ESPECIES MADERABLES DEL CARIBE NORTE DE COSTA RICA*. Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Montero, M. A. (2013). Claves de identificación macroscópica de la madera de 110 especies del Caribe Norte de Costa Rica. *Revista forestal mesoamericana kurú*, 10(24), 2215-2504.
- Morejón, E., Lara, X., Cabezas, E., Román, D., y Salazar., E. (2018). Propiedades Físicas Y Mecánicas De Tres Especies Forestales: Piptocoma Discolor (Kunth.) Pruski Pigüe), Iriartea Deltoidea Ruiz y Pav. (Chonta) Y Pouteria Glomerata

- (Intachi). *European Scientific*, 14(24), 295. <https://doi.org/https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n24p295>
- Munsell, A. H. (1905). *The Munsell Book of color*.
- OIMT. (2013). *Manual de transformación de la madera*. Ministerio de Agricultura del Perú.
- Paredes Rodríguez, H. O., Varela Jácome, G. D., Rosales Enríquez, O. A., Carvajal Benavides, J. G., y León-Espinoza, M. E. (2023). Herbario universidad técnica del norte HUTN, un laboratorio para conocer la diversidad de especies forestales del Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 1167-1184. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6262
- PADT-REFOR. (10 de enero de 1974). Descripción general y anatómica de 105 de maderas del grupo andino. Lima, Perú.
- PDOT Ibarra. (2015). *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Ibarra 2015-2023*. Municipio de Ibarra.
- Peña, P., y Paulina, I. (11 de septiembre de 2013). Determinación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de tres Especies Forestales Andinas: Platuqueo (*Styloceras* sp), Yagual (*Polylepis racemosa*), Nogal (*Juglans neotropica*). *Tesis de grado*. Riobamba, Chimborazo, Ecuador: SPOCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2788>
- Peralta, K. M. (20 de Enero de 2022). *Caracterización de la madera de 95 especies forestales del sur de Ecuador con base a sus propiedades físicas, organolépticas y anatómicas*. Loja, Loja, Ecuador: Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniera Forestal.
- Perniána, E. d. (2001). *Anatomía de la madera*. Universidad Nacional del Centro del Perú. <https://doi.org/https://pdfcoffee.com/propiedades-de-la-madera-5-pdf-free.html>
- Poma, L. F. (10 de Marzo de 1973). Descripción macroscópica y microscópica de 15 maderas del Ecuador y clave de identificación con tarjetas perforadas. *Descripción macroscópica y microscópica de 15 maderas del Ecuador y clave de identificación con tarjetas perforadas*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Rendón, A., Dorantes, F., Mejía, S., y Alamilla., L. (Mayo de 2021). Características macroscópicas, propiedades y usos de la madera de especies nativas y exóticas en México. Mexico: CONABIO.
- Samaniego, C., Prado, L., Ordóñez, L., Díaz, M., Zambrano, L., y Papa, R. (2011). Árboles nativos de Orellana, Amazonía del Ecuador. Guía técnica para la identificación, fenología, usos y características de árboles y maderas. *Cooperación Fundación Española Solidaridad Internacional*. Francisco de Orellana, Orellana, Ecuador.
- SERFOR e ITP/CITEmadera. (2022). *Manual para la identificación anatómica de la madera de especies forestales de la amazonía peruana*. Lima, Perú. www.gob.pe/serfor
- SERFOR. (2023). Curso internacional de especialización en identificación botánica y anatómica de especies forestales maderables. *MÓDULO IV, CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DE LA MADERA*. Lima: SERFOR.
- SERFOR. (2023). *Identificación anatómica de maderas amazónicas*. <https://www.gob.pe/serfor>

- Tene, C. A. (20 de enero de 2013). Estudio de la estructura anatómica y propiedades físico-mecánicas de cinco especies maderables en el bosque secundario del cantón Zamora. Loja, Loja, Ecuador: Tesis de Grado Universidad nacional de Loja.
- Vanegas, E. T., y Rojas, I. C. (2018). Propagación y conservación de *Juglans neotropica* Diels., en zonas andinas. *Scielo*, 24(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.21829/myb.2018.2411560>
- Villota Guerron, E. L., Rosero Chamorro, E. G., Farias Mejía, E. A., Valencia Valenzuela, X. G., Carvajal Benavides, J. G., y Benalcázar Villalba, S. M. (2024). Propiedades Tecnológicas de la Madera de Nogal *Juglans Neotropica* Diels, en la Provincia Carchi Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 1543-1573. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9549
- Villota, L. (8 de Junio de 2023). ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, ANATÓMICAS Y TRABAJABILIDAD DE LA MADERA DE *Juglans neotropica* Diels. CARCHI, ECUADOR. Ibarra, Imbabura, Ecuador: UTN.
- Yamberla, A. (13 de marzo de 2023). ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS, PROPIEDADES FÍSICAS Y DE TRABAJABILIDAD DE *Juglans neotropica* Diels., ANTONIO ANTE, IMBABURA, ECUADOR. Ibarra, Imbabura, Ecuador: UTN.

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.