

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**Estructura Anatómica y Claves de
Identificación de cinco especies
maderables del Perú**

Presentado por:

Frecia Lilly Pérez Calderón

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL

Lima - Perú
2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por la ex-alumna de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. FRECIA LILLY PEREZ CALDERON, intitulado “ESTRUCTURA ANATÓMICA Y CLAVES DE IDENTIFICACIÓN DE CINCO ESPECIES MADERABLES DEL PERÚ”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....Aprobado.....

Con el calificativo deSobresaliente.....

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

La Molina, 10 de noviembre de 2017

.....
Ing. Miguel Angel Melendez Cárdenas
Presidente

.....
Dr. Carlos Augusto Reynel Rodriguez
Miembro

.....
Mg. Sc. Moises Pascual Acevedo
Mallque
Miembro

.....
Mg. Sc. Manuel Chavesta Custodio
Asesor

Lic.
Coasesor

DEDICATORIA

A mi mamá Thila y a mi hermana Thais, son y serán mi fortaleza e inspiración.

A todos aquellos jóvenes que migran hacia Lima en busca de mejores oportunidades y que día a día luchan por sus sueños.

Y finalmente, para ti que estás leyendo, espero que encuentres lo que buscas.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesor el profesor Manuel Chavesta y a todos los maestros que marcaron cada etapa del camino universitario.

A mi hermana Minerva Thais y a Sergio Dinklang por ayudarme en la etapa de laboratorio.

Al fantasma del laboratorio de anatomía de la madera por no interrumpirme en mis innumerables amanecidas, gracias.

A mis mejores amigas, sin ellas, hubiera presentado esto hace dos años.

RESUMEN

En el presente trabajo se describe la estructura anatómica de la madera de las especies *Cariniana estrellensis*, *Dacryodes peruviana*, *Erismia uncinatum*, *Dialium guianense* y *Symphonia globulifera*; cuyas muestras de madera provienen de Atalaya, Puerto Maldonado e Iquitos. Además se elaboraron cinco claves de identificación microscópica, de acuerdo a la International Association of Wood Anatomists IAWA (1989); y una clave dicotómica para las cinco especies. La caracterización anatómica incluye datos cualitativos y cuantitativos de los elementos xilemáticos y fue ilustrada con macrofotografías y microfotografías en los tres cortes (transversal, radial y tangencial). La descripción microscópica se realizó según los lineamientos establecidos por la International Association of Wood Anatomists IAWA (1989) y del Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis IBAMA (1991). Las especies presentaron como características comunes la porosidad difusa, platinas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas y los radios multiseriados. Algunas características distintivas de cada especie fueron la presencia de apéndices en los vasos de *Cariniana estrellensis*, *Dacryodes peruviana* y *Symphonia globulifera*; el parénquima en bandas del tipo reticulado en *Cariniana estrellensis*, el parénquima ausente o extremadamente raro en *Dacryodes peruviana*, el parénquima en bandas delgadas en *Dialium guianense* y el parénquima en bandas anchas en *Erismia uncinatum* y *Symphonia globulifera*. La presencia de cristales en el parénquima de *Cariniana estrellensis*, la presencia de gomas en *Dialium guianense*, la presencia de tilosis en *Cariniana estrellensis*, *Erismia uncinatum* y *Symphonia globulifera*; la presencia de sílice en *Cariniana estrellensis* y *Dacryodes peruviana* y la presencia de floema incluido en *Erismia uncinatum*.

Palabras clave: Anatomía de la madera, botánica, industria forestal, sostenibilidad

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
1. ANATOMÍA DE LA MADERA	3
2. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES A ESTUDIAR	6
3. CLAVES DE IDENTIFICACIÓN	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	13
1. LUGAR DE EJECUCIÓN	13
2. MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO	13
2.2. Materiales de laboratorio	13
2.3. Equipos de laboratorio	14
3. METODOLOGÍA.....	15
3.1. Estudio anatomico.....	15
3.2. Registro de imágenes	17
3.3. Evaluación de resultados	17
3.4. Preparación de claves de identificación	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
1. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES	19
2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	44
2.1. Características macroscópicas	44
2.2. Características microscópicas.....	48
2.3. Parámetros estadísticos de los elementos xilemáticos.....	51
2.4. Clave dicotómica de identificación macroscopica.....	53
2.5. Clave de identificación microscopica.....	54
V. CONCLUSIONES.....	55
VI. RECOMENDACIONES	57
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
VIII. ANEXOS	63

Índice de tablas

	Página
Tabla 1: Especies estudiadas según procedencia	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2: Grado de variabilidad según coeficiente de variación	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3: Características macroscópicas de las especies estudiadas	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4: Características microscópicas de las especies estudiadas	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5: Parámetros estadísticos de las especies estudiadas	¡Error! Marcador no definido.

Índice de figuras

	Página
Figura 1: Madera en corte tangencial y radial de <i>Cariniana estrellensis</i>	21
Figura 2: Foto macroscópica transversal de <i>Cariniana estrellensis</i>	21
Figura 3: Corte transversal de <i>Cariniana estrellensis</i>	22
Figura 4: Corte radial de <i>Cariniana estrellensis</i>	22
Figura 5: Corte tangencial de <i>Cariniana estrellensis</i>	22
Figura 6: Cristales en parénquima longitudinal de <i>Cariniana estrellensis</i>	23
Figura 7: Elemento vascular de <i>Cariniana estrellensis</i>	23
Figura 8: Fibra de <i>Cariniana estrellensis</i>	23
Figura 9: Madera en corte tangencial y radial de <i>Dracryodes peruviana</i>	26
Figura 10: Foto macroscópica transversal de <i>Dacryodes peruviana</i>	26
Figura 11: Corte transversal de <i>Dacryodes peruviana</i>	27
Figura 12: Corte radial de <i>Dacryodes peruviana</i>	27
Figura 13: Corte tangencial de <i>Dacryodes peruviana</i>	27
Figura 14: Elemento vascular de <i>Dacryodes peruviana</i>	28
Figura 15: Fibra de <i>Dacryodes peruviana</i>	28
Figura 16: Madera en corte tangencial y radial de <i>Dialium guianense</i>	31
Figura 17: Foto macroscópica transversal de <i>Dialium guianense</i>	31
Figura 18: Corte transversal de <i>Dialium guianense</i>	32
Figura 19: Corte radial de <i>Dialium guianense</i>	32
Figura 20: Corte tangencial de <i>Dialium guianense</i>	32
Figura 21: Elemento vascular de <i>Dialium guianense</i>	33
Figura 22: Fibra de <i>Dialium guianense</i>	33
Figura 23: Madera en corte tangencial y radial de <i>Erisma uncinatum</i>	36
Figura 24: Foto macroscópica transversal de <i>Erisma uncinatum</i>	36
Figura 25: Corte transversal de <i>Erisma uncinatum</i>	37
Figura 26: Corte radial de <i>Erisma uncinatum</i>	37
Figura 27: Corte tangencial de <i>Erisma uncinatum</i>	37
Figura 28: Elemento vascular de <i>Erisma uncinatum</i>	38
Figura 29: Fibra de <i>Erisma uncinatum</i>	38
Figura 30: Madera en corte tangencial y radial de <i>Symphonia globulifera</i>	41

Figura 31:	Foto macroscópica en corte transversal de <i>Symphonia globulifera</i>	41
Figura 32:	Corte transversal de <i>Symphonia globulifera</i>	42
Figura 33:	Corte radial de <i>Symphonia globulifera</i>	42
Figura 34:	Corte tangencial de <i>Symphonia globulifera</i>	42
Figura 35:	Elemento vascular de <i>Symphonia globulifera</i>	43
Figura 36:	Fibra de <i>Symphonia globulifera</i>	43

Índice de anexos

	Página
Anexo 1 CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE MADERAS DURAS - IAWA (1989).....	63
Anexo 2 CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS XILEMÁTICOS SEGÚN SUS DIMENSIONES.....	66

I. INTRODUCCIÓN

En el país existe un gran número de especies forestales de las cuales aún muchas no han sido estudiadas; es por ello que los estudios anatómicos de la madera son motivo de múltiples trabajos de investigación, con el objeto de generar nuevos conocimientos sobre la gran variedad de flora que existe a nivel nacional.

Para impulsar la producción forestal maderable en el país, bajo un sistema de aprovechamiento integral, económico y sostenible de los bosques, es necesario fomentar la investigación de especies forestales maderables potenciales. En este contexto, los estudios de caracterización anatómica juegan un papel importante, tanto para el aprovechamiento de los bosques, la promoción de nuevas especies de madera, así como el desarrollo de tecnologías para su procesamiento industrial. La anatomía de la madera es importante por su aporte a la identificación taxonómica (Wheller y Bass, 1998); asimismo, las posibilidades de su aplicación ayudan a comprender los procesos de transformación y tratamiento de la madera como el secado, la identificación taxonómica a nivel de género, familia o especie; y la eficiente comercialización de la madera, evitando perjuicios ecológicos y económicos.

En ese contexto, el presente trabajo tiene como objetivo caracterizar la estructura anatómica de cinco especies forestales, mediante la descripción macroscópica y microscópica de las mismas; así como, elaborar claves de identificación que faciliten su identificación anatómica.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. ANATOMÍA DE LA MADERA

La madera es producto del metabolismo de un árbol y debido a sus funciones como parte de una planta viva, es un material heterogéneo y variable; presentando a menudo defectos relacionados con el crecimiento del árbol. La gran atracción para el uso de la madera es exactamente la variación de su estructura, lo que permite los más variados y sofisticados usos (Rangel, 2012). El mismo autor cita a Coradín y Camargos, para señalar que los bosques amazónicos cuentan con innumerables especies forestales que producen madera de importancia comercial con una única denominación popular; siendo recurrente también, la aplicación de varios nombres comunes para una misma especie.

Por otro lado, Cury (2001) señala que la anatomía de la madera es una rama de las ciencias forestales que busca conocer la disposición estructural de los diversos elementos que la constituyen. Asimismo, según (Arostegui, 1975), comprende el estudio de características generales, macroscópicas y microscópicas de la madera.

La anatomía de la madera constituye una importante herramienta para el estudio de las especies forestales, ya que permite su identificación ante la ausencia de material botánico (Cury, 2001) y además contribuye a la posterior determinación de su uso potencial (Cury y Tomazello, 2011). Paula (2005) añade que el suministro de información acerca de la estructura de la madera es importante para la taxonomía, la fisiología vegetal y la ecología.

Nigoski et al (2003), señala que muchas maderas pueden ser identificadas a un nivel macroscópico; sin embargo, para descripciones más precisas es necesario el análisis microscópico, y se requiere de información sobre la composición de los radios, presencia o ausencia de células oleíferas, tipos de placas de perforación, puntuaciones, fibras septadas, entre otras características, para una identificación precisa y certera de la madera.

Un aspecto importante a considerar en la anatomía de la madera son las características generales y organolépticas, entre ellas el color de la madera; según Vásquez (2011) esta

propiedad debe considerarse con reserva, pues aunque el duramen de algunas maderas presenta una coloración inconfundible, es común encontrar en individuos de una misma especie, y hasta en un mismo árbol, una amplia gama de tonalidades y coloraciones discontinuas que pueden presentarse en forma de bandas o manchas, propias de la madera o causadas por el ataque de hongos. El color se altera en función del contenido de humedad de la madera, oscureciéndose cuando la pieza se expone al aire, debido a la oxidación de sus componentes orgánicos, o por adición de tinturas o decoloración artificial, lo que hace que muchas especies se comercialicen como maderas valiosas sin serlo.

En cuanto al grano de la madera, Santiago et al (2013) menciona que en maderas con granos rectos se presentan superficies lisas y facilidad para la trabajabilidad. Por otro lado el grano entrecruzado se observa como bandas encontradas en la sección radial haciendo que la trabajabilidad de la madera sea difícil y la madera presente deformaciones en el secado. El efecto negativo de este tipo de grano aparece en las operaciones de cepillado, fresado y torneado, que se corrige con el lijado.

León y Espinoza (2001) señalan que la textura de la madera está referida al tamaño y la cantidad proporcional de las células leñosas presentes en la pieza de una madera. Con respecto al vetado, mencionan que el diseño y las figuras que se forman en la superficie de la madera pueden originarse a partir de los anillos de crecimiento, dirección del grano, dimensiones de las células xilemáticas y/o la distribución del color.

En algunos géneros y familias el cambium forma esporádicamente células de floema hacia el interior del tronco. Este detalle constituye una característica peculiar en ciertas especies, siendo útil en la identificación. Dicha característica tiene efectos en el acabado de la madera y en su resistencia mecánica (Nigoski, 2016).

Malan (2005) señala que el espesor de la pared de las fibras está íntimamente relacionado con la densidad de la madera, y las variaciones en el grosor de la pared entre y dentro de los árboles son similares al patrón de variación de densidad.

En relación a las inclusiones en la madera, Ninin (1986) indica que la presencia de minerales como cristales y sílice genera abrasividad y desgaste del filo de las herramientas. Por otro lado, la presencia de tilosis en los poros de la madera ocasiona menor retención y penetración de preservantes, según lo indicado por Mohali y Castro (2005). Lo mismo ocurre en maderas con vasos obstruidos por gomas; dificultando además el secado de la

madera (Kollmann, 1959). Ninin (1986) agrega que la presencia de inclusiones gomosas dificulta la evacuación del aserrín durante el corte de la madera. Finalmente, Ugarte (2009) menciona que el floema incluido tiene un efecto importante en la resistencia de la madera.

Con respecto a las causas que generan variabilidad en las dimensiones de los elementos xilemáticos, Giménez y López (2000) indican que las principales fuentes de variación en la madera son geográficas, así como las producidas entre y dentro de los individuos. Las maderas duras tienen un patrón de comportamiento similar al de las coníferas, variando en un gradiente radial y en altura, de árbol a árbol en una especie y dentro de un rango geográfico.

Hugues, citado por Giménez y López (2000), señala que la edad de una planta tiene un efecto significativo en las características anatómicas y, si bien la variabilidad del leño es uno de sus atractivos estéticos, también es causa de las dificultades para catalogarla, tipificarla y predecir su comportamiento. Por otro lado, la variación radial y longitudinal dentro del árbol está asociada con la presencia de leño juvenil y su proporción de leño maduro

En líneas generales en la madera juvenil las propiedades cambian bruscamente en dirección a la médula, sucede lo contrario en madera madura ya que las propiedades y características son relativamente constantes y por lo tanto menos variables. Finalmente, el gradiente de variación entre el leño juvenil y maduro no es estricto, cada especie desarrolla su propio patrón en función de un determinado medio.

2. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES A ESTUDIAR

***Cariniana estrellensis* (Cachimbo)**

Familia: Lecythidaceae

Distribución y hábitat

Se distribuye naturalmente desde los 9S° hasta los 27°30'S en América del Sur. En el Perú se ha registrado en la selva de Cusco, en Madre de Dios y en el límite entre Ucayali y Cusco. Su distribución altitudinal varía de 30 a 1200 msnm, crece en suelos de baja fertilidad natural, prefiere suelos profundos, con textura de franca a arcillosa, no se desarrolla bien en suelos arenosos y de mal drenaje (Salazar y Soihet, 2001).

Descripción macroscópica

Santini (2013), describe al color del duramen blanco amarillento, indistinto de la albura; textura fina, grano recto, brillo moderado, olor y sabor imperceptible. Anillos de crecimiento diferenciados. Vasos visibles a simple vista, solitarios y múltiples, porosidad difusa, pequeños, poco abundantes, placas de perforación simples. Parénquima axial visible, en líneas finas, reticulado. Radios visibles con 10 X, finos y numerosos; espaciados, estratificación ausente.

Descripción microscópica

Porosidad difusa en promedio 5 por mm², solitarios, múltiples radiales de forma redondeada. Placas de perforación simple diámetro promedio de 125,5 µm, elementos vasculares de 0,4 mm de largo, con presencia de uno, dos o ausencia de apéndices. Puntuaciones intervasculares alternas, redondeadas, con diámetro tangencial de 10 µm; puntuaciones radiovasculares semejantes a las intervasculares. Parénquima axial reticulado. Radios triseriados y algunos uniseriados con 0,334 mm de altura, homocelulares, con todas las células procumbentes. Cristales presentes en las paredes del parénquima axial y sílice presente en las células del parénquima axial y radial. Fibras con 1,53 mm de largo y paredes muy gruesas (Cury y Tomazello, 2011).

***Dacryodes peruviana* (Caraña)**

Familia: Burseraceae

No se encontró información bibliográfica de la especie; sin embargo, para el género se presenta lo siguiente:

Distribución y hábitat

El género *Dacryodes* está localizado en tierra firme, bosque primario, ocasionalmente en planicie inundable estacional (Ayala, 2003).

Descripción macroscópica

Detienne y Jacquet (1989) describen a la madera del género *Dacryodes* de color beige a beige rosa claro, relativamente blanda y ligera.

Descripción microscópica

Detienne y Jacquet (1989), señalan que el género presenta predominantemente difusos, solitario y también múltiples radiales de 2-4, 6-20 por mm², de tamaño variable de acuerdo a la especie, de 80-180 µm de diámetro tangencial; platinas de perforación simple; tamaño de punteaduras intervasculares de 9-11 µm; parénquima no distinguible, con escasas células paratraqueales conteniendo en ocasiones corpúsculos de sílice. Radios generalmente biseriados, entre 5 y 7 por mm, de estructura homogénea a ligeramente heterogénea conteniendo numerosos corpúsculos de sílice, a menudo grandes; puntuaciones radiovasculares grandes y alargadas a nivel de las células terminales; fibras septadas con puntuaciones simples.

***Dialium guianense* (Palo fierro)**

Familia: Fabaceae

Distribución y hábitat

Carpio (2003), señala que esta especie se localiza desde México, Centro América, la Amazonía Peruana hasta Brasil. En el Perú se ha registrado en el nororiente de Loreto, en la selva de Pasco y en el sur de Madre de Dios (OSINFOR, 2013). Es típico de regiones húmedas y muy húmedas de la vertiente Atlántica, generalmente sobre terrenos planos, arcillosos y bien drenados.

Descripción macroscópica

Santini (2013), señala que el duramen es de color castaño oscuro rojizo y albura blanca amarillenta, textura media, grano fino, brillo moderado, olor y gusto imperceptible. Anillos de crecimiento diferenciados por zonas fibrosas más oscuras. Poros visibles, solitarios y múltiples, distribución difusa, muy pequeños, poco abundantes, parcialmente obstruidos por una sustancia amarillenta. Parénquima axial visible con lupa de 10X, líneas finas irregulares, aproximadas e ininterrumpidas. Radios visibles, finos y numerosos, regularmente espaciados; estratificación presente.

Descripción microscópica

El mismo autor señala que los vasos son solitarios y múltiples de hasta 4, distribución difusa, poco abundantes 7-10 mm², muy pequeños a pequeños de 29-54 µm de diámetro, parcialmente obstruidos por una sustancia amarillenta. Puntuaciones intervasculares alternas; placas de perforación simples; puntuaciones radiovasculares con bordes poco distintos y aparentemente simples, semejantes a las intervasculares en forma y tamaño. Parénquima axial en finas líneas irregulares, aproximadas e ininterrumpidas, estraficado; granos de sílice presentes y abundantes. Radios homocelulares, formados exclusivamente por células procumbentes, biseriados y triseriados predominantemente, numerosos 9-10 por mm lineal y 121-132 mm de altura. Estratificación presente y regular. Fibras libriformes, de pared espesa, lumen delgado y puntuaciones simples.

***Erisma uncinatum* (Catuaba)**

Familia: Vochysiaceae

Distribución y hábitat

Árbol típico habitante del bosque inundado, de distribución amplia; se encuentra en bosques de tierra firme en el alto y bajo Amazonas y las Guayanas; en el Perú, está distribuido en la zona norte y noroeste (Justiniano y Fredericksen, 1999).

Descripción macroscópica

León (2014) señala que la especie presenta madera con albura de color marrón muy pálido y duramen marrón rojizo claro, transición abrupta entre albura y duramen. Anillos de crecimiento diferenciados. Olor y sabor indistintos. Brillo bajo a mediano. Grano recto ha inclinado, textura mediana a gruesa.

Descripción microscópica

Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-3 poros, diámetro tangencial de 218-324 μm . Longitud de elementos vasculares de 382-438 μm . Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, medias a grandes, diámetro de 8,75 – 11,25 μm , ornadas. Punteaduras radiovasculares de areola reducida o aparentemente simples, de forma redondeada o alargada horizontal o verticalmente. Tíldes presentes. Parénquima paratraqueal escaso, vasicéntrico delgado, predominantemente en bandas con más de tres células de ancho, en series de 3-7 células. Parénquima radial disjuntivo presente. Floema incluso foraminado asociado a bandas de parénquima. Radios homocelulares de células cuadradas o erectas y heterocelulares con 1-4 rutas de células marginales, 4-9 radios por mm, 1-3 células de ancho, altura de 457-506 μm . Fibras no septadas, paredes medianas a muy gruesas, longitud de 1274-1468 μm , punteaduras indistintamente areoladas (León, 2014).

***Symphonia globulifera* L.F. (Palo azufre)**

Familia: Clusiaceae

Distribución y hábitat

Árbol común en el bosque húmedo tropical, en partes bajas y húmedas, a altitudes entre 60 y 600 msnm. En el Perú se realizaron registros mediante colectas botánicas, en la selva nororiental de Loreto, al norte de Amazonas, en límite entre Ucayali y Pasco y al sur de Madre de Dios (OSINFOR, 2013).

Descripción macroscópica

Marcada diferencia de coloración entre albura y duramen. En condición seca al aire, la albura es de color gris amarillento y duramen es pardo amarillento. El grano es generalmente recto, en algunas porciones entrecruzado, la textura es de mediana a gruesa. Los poros son ligeramente visible, predominantemente solitarios y en múltiples radiales de 2 a 3 poros, escasos múltiples radiales de 4 poros y distribuidos de manera difusa y con abundante tñlides.

El parénquima es paratraqueal, escaso aliforme unilateral, en mayor cantidad aliforme confluyente, la mayor parte en bandas medianas irregulares, generalmente discontinuas y de tipo apotraqueal; difuso en agregados formando líneas cortas tangenciales y pequeñas aglomeraciones. Radios visibles a simple vista (Carpio, 2003).

Descripción microscópica

Rangel (2012) indica que la madera presenta porosidad difusa, vasos dispersos, múltiples y solitarios. Vasos solitarios, circulares u ovalados. Placas de perforación simples. Puntuaciones radiovasculares mayores a las intervasculares con areolas reducidas aparentemente simples, redondeadas y angulares. Parénquima axial en bandas perpendiculares a los radios, con 5-8 células por serie. Radios seriados, compuestos por células procumbentes, fibras no septadas con puntuaciones simples y aureolas reducidas, paredes de las fibras de delgadas a gruesas.

3. CLAVES DE IDENTIFICACIÓN

León y Espinoza (2001), mencionan que en un esquema de identificación de maderas se deben cumplir ciertos criterios, tales como:

- Ser un método simple y de bajo costo que permita el almacenamiento y rápida recuperación de la información.
- Permitir la selección de los caracteres más adecuados para el diagnóstico.
- Facilitar la inclusión de nuevas especies y la adición de datos respecto a las especies ya incluidas.

León y Espinoza (2001), afirman que existen diferentes tipos de claves de identificación macroscópica como las claves dicotómicas, de tarjetas perforadas y programas de computación diversos; estas trabajan administrando datos ordenadamente, priorizando características saltantes e identificando la especie o un grupo posible de estas. En relación a las claves dicotómicas, los mismos autores las describen como una serie de alternativas pareadas que representan caracteres contrastantes con respecto a la estructura de la madera. Las alternativas presentadas en esta clave deben ser breves y precisas, de manera que el usuario pueda seleccionar correctamente la que corresponde a la muestra desconocida. Seleccionada la alternativa representativa de la muestra en estudio, la clave indica a que paso debe dirigirse para encontrar nuevas alternativas las cuales deben ser comparadas con la pieza de la madera a identificar, este proceso se repite hasta llegar a la identificación.

Además, identificaron los siguientes factores que influyen en la eficiencia de una clave dicotómica:

- El diseñador de la clave debe tener previamente identificadas las características de las especies que van a ser incluidas en la clave;
- Se deben seleccionar las “mejores” características y tomar en cuenta el grado de variación de las mismas;
- Las características utilizadas deben ser expresadas de forma breve y precisa;

- No requiere que el usuario tenga el mismo nivel de conocimiento que el diseñador de la clave, sin embargo, es necesario que posea habilidad para reconocer las características anatómicas de la madera y la terminología que ha sido utilizada para la utilización de la clave.

Un elemento importante a tomar en consideración en la construcción de una clave es el número de especies a incluir en la misma, pues un número elevado de especies puede generar dificultades de manejo en la clave. La principal ventaja de las claves dicotómicas es la facilidad de su manejo; estas pueden ser utilizadas como claves descriptivas; ya que luego de identificada la muestra se puede realizar una pequeña descripción, utilizando lo planteado en cada una de las alternativas seleccionadas durante la identificación (León y Espinoza, 2001).

Por otro lado, las claves de identificación computarizadas facilitan la identificación de maderas; sin embargo, los métodos tradicionales tienen gran importancia, siendo más eficientes y aceptados por la comunidad científica; principalmente cuando son aplicados en la identificación de maderas de uso comercial (Pereira, 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. LUGAR DE EJECUCIÓN

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

2. MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO

2.1.1. MUESTRAS DE MADERA

Las muestras de xiloteca utilizadas en el presente estudio corresponden a un árbol por especie y son parte de la colección con que cuenta el Laboratorio de Anatomía; las especies en estudio se presentan en la Tabla 1:

Tabla 1: Especies estudiadas según procedencia

N°	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	PROCEDENCIA	CÓDIGO DE XILOTECA
1	Lecythidaceae	<i>Cariniana estrellensis</i>	Cachimbo	Atalaya/Ucayali	4237
2	Burseraceae	<i>Dacryodes peruviana</i>	Caraña	Puerto Maldonado/Madre de Dios	4478
3	Fabaceae	<i>Dialium guianense</i>	Palo fierro	Iquitos/Loreto	4479
4	Vochysiaceae	<i>Erisma uncinatum</i>	Catuaba	Puerto Maldonado/Madre de Dios	4317
5	Clusiaceae	<i>Symphonia globulifera</i>	Palo azufre	Iquitos/Loreto	4477

Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.2. MATERIALES DE LABORATORIO

Los materiales de laboratorio utilizados son:

- Vaso de precipitación de 100 ml
- Bisturí N°4
- Placa Petri

- Cubre objetos 18 mm x 18 mm
- Cubre objetos 22 mm x 22 mm
- Pinzas
- Pincel pelo de Martha N°5
- Cuchillas descartables para micrótopo marca Leica 819 low profile
- Cuchilla de mano
- Lupa 10x
- Agujas hipodérmicas
- Solución de alcohol de 30°, 60° y 90°
- Solución de ácido nítrico al 33%
- Glicerina
- Xilol
- Merckoglass
- Safranina al 2%
- Abrasivo fino para micrótopo
- Abrasivo grueso para micrótopo

2.3. EQUIPOS DE LABORATORIO

A continuación se enlistan los equipos de laboratorio utilizados:

- Micrótopo de deslizamiento horizontal
- Microscopio binocular Leica DM500 con cámara digital ICCHD de Leica
- Estereoscopio OLYMPUS
- Plancha de calentamiento marca Thermo Scientific

- Cámara fotográfica CANON powershot 32 X

3. METODOLOGÍA

3.1. ESTUDIO ANATOMICO

El estudio anatómico se realizó conforme a la Norma de Procedimientos en estudios de anatomía de la madera: I. Angiospermae del IBAMA (1991); y a la lista de características para maderas duras del (IAWA, 1989).

a. Caracterización macroscópica

Para la caracterización macroscópica se utilizaron muestras de madera de 2 cm x 10 cm x 15 cm en orientación transversal, radial y tangencial evaluándose las siguientes características: color, anillos de crecimiento, textura, veteado, poros, parénquima y radios. La determinación del grano se realizó con cubos de 5cm de lado orientados en sus tres secciones (transversal, radial y tangencial); mientras que para determinar el color se utilizó la tabla Munsell (1990).

b. Caracterización microscópica

Para la caracterización microscópica se requieren de tres etapas previas: preparación de láminas histológicas, preparación de tejido macerado y finalmente la medición de los elementos xilemáticos; las cuales se detallan a continuación:

b.1. Preparación de láminas histológicas

Se prepararon cubitos de 1 cm x 1 cm x 1,5 cm de cada especie, orientados en los planos transversal, radial y tangencial, para obtener láminas histológicas para la descripción microscópica, cuyo proceso comprendió los siguientes pasos:

Ablandamiento: Los cubos se ablandaron en agua a 180°C por un periodo de 6 horas al día por tres semanas; sin embargo, la especie *Dialium guianense* necesitó adicionalmente ser ablandada con hidróxido de ácido nítrico al 5% por ser la especie de mayor densidad. Se determinó el ablandamiento de los cubos a través de la presión ejercida con la uña del dedo.

Corte de láminas: Los cubos ablandados se cortaron con el micrótopo de deslizamiento horizontal obteniendo láminas de 20-25 µm de espesor en las secciones transversal, radial y tangencial, las cuales después fueron colocadas en placas petri con alcohol de 30°.

Deshidratación: Se colocaron las láminas de forma secuencial en alcohol de 30°, 60° y 90°; estas permanecieron 15 minutos en cada grado de alcohol, al término se retiró y agregó un grado superior de alcohol.

Coloración: Después del deshidratado, se agregó cinco gotas de safranina a la placa que contiene las láminas buscando un coloreado uniforme durante 15 a 20 minutos. Luego se lavaron las láminas con alcohol de 90°, para eliminar el exceso de colorante; finalmente se incorporó xilol para fijar el colorante.

Montaje: Los tejidos coloreados fueron recortados con un bisturí sobre una superficie de vidrio, posteriormente se colocaron en placas portaobjetos agregados una gota de merkoglass antes de cubrirlas con un cubreobjetos; el pegamento es de secado instantáneo.

b.2. Preparación de láminas con tejido macerado

Se prepararon pequeños pedazos de madera similares a palitos de fósforo para la obtención de fibras y vasos, tal como se explica en los siguientes pasos:

Maceración: Los palitos de madera se colocaron en un vaso pírrex de 100 ml, donde se agregó una solución de ácido nítrico al 33% hasta cubrirlos completamente, luego el vaso fue puesto en la cocina eléctrica a una temperatura de 180 °C por un periodo de tiempo de 10 a 15 minutos. Cuando los palitos estaban decolorados y presentaban una consistencia blanda estaban listos para trabajar.

Lavado, coloración y montaje: El tejido se lavó con abundante agua para eliminar el ácido, luego se agregó alcohol de 90°; así mismo, se incorporó tres a cuatro gotas de safranina. Luego parte del tejido macerado se colocó en una placa petri y se agregó xilol para fijar el colorante. Posteriormente se comenzó con la separación y selección de fibras y vasos con ayuda de una aguja hipodérmica y un microscopio. Los vasos y fibras seleccionadas se colocaron en portaobjetos, donde se agregó una gota de merkoglass y cubrió con un cubreobjetos.

b.3. Medición de los elementos xilemáticos

Para cada especie se realizaron ochenta mediciones por elemento anatómico, que incluyó diámetro de poros y longitud de vasos; altura y ancho de radios; diámetro, espesor y longitud de fibra. Asimismo, se determinó el número de poros/mm², número de células en ancho y altura que conforman los radios y el número de radios/mm. Para ello se utilizó el

software LAS ES del microscopio Leica DM500 con cámara ICCHD de Leica acoplado a una computadora.

3.2. REGISTRO DE IMÁGENES

La estructura de la madera de cada especie fue registrada en macrofotografías del plano radial y tangencial tomadas con una cámara CANON powershot 32 X; macrofotografías de la sección transversal, tomadas con una cámara digital acoplada a un estereoscopio OLYMPUS acoplada a una computadora; y microfotografías tomadas con cámara ICCHD de Leica del microscopio Leica DM500 acoplada a una computadora.

3.3. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Se calculó el promedio, valor máximo y mínimo, desviación estándar, coeficiente de variabilidad e intervalos de confianza de los diferentes elementos xilemáticos. El análisis estadístico se realizó conforme a lo establecido en la norma de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas - COPANT (1972). Para el análisis del CV% se utilizaron los grados de variabilidad dados por Rubio (2012), los cuales se presentan en la Tabla 2:

Tabla 2: Grado de variabilidad según coeficiente de variación

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

Fuente: Rubio (2002).

3.4. PREPARACIÓN DE CLAVES DE IDENTIFICACIÓN

Se elaboró una clave dicotómica de identificación macroscópica para las cinco especies y claves microscópicas numéricas para las cinco (05) especies estudiadas, según el IAWA (1989).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES

Se describen las características generales, macroscópicas y microscópicas de las cinco especies estudiadas. La información se complementa con macro y microfotografías de la sección tangencial, radial y transversal.

Cachimbo

Cariniana estrellensis

Lecythidaceae

Sinónimo: *Cariniana excelsa* Casar.

Nombres comunes: “Cachimbo”, “Papelillo” (Perú).

Características generales

En condición seca al aire el duramen es de color rosado grisáceo (7,5 YR 8/2) (Figura 1), sin diferenciación entre albura y duramen. Anillos de crecimiento diferenciados por bandas oscuras de forma irregular. Olor y sabor no distintivos, grano recto, textura media, brillo medio y veteado en arcos superpuestos. Madera moderadamente dura al ser cortada en forma manual con cuchilla en sentido transversal a las fibras.

Descripción macroscópica (Figura 2)

Poros: Visibles a simple vista, predominantemente múltiples radiales y escasos solitarios. Presencia de tilosis.

Parénquima: Visible a simple vista, en bandas del tipo reticulado.

Radios: Visibles a simple vista, sin contraste en la sección radial; no estratificados.

Descripción microscópica

Poros/Elementos vasculares: porosidad difusa, poros predominantemente múltiples radiales de hasta cuatro poros y escasos solitarios de forma redonda. Diámetro tangencial promedio 142 μm , clasificados como medianos, en promedio 4 poro/ mm^2 clasificados como muy pocos (Figura 3). Longitud promedio de los elementos vasculares 416 μm , clasificados como medianos (Figura 7). Platinas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas de forma redonda; con diámetro promedio de 9 μm , clasificadas como medianas. Presencia de apéndices en uno o ambos extremos.

Parénquima: En sección transversal en bandas del tipo reticulado; en corte longitudinal de 5-8 septas por célula. Presencia de cristales de forma romboide y sílice (Figura 3 y 6).

Radios: En sección tangencial altura promedio 346 μm , clasificados como extremadamente bajos; uniseriados y predominantemente biseriados con 38 μm de ancho promedio clasificados como muy finos. En sección radial homocelulares formado por células procumbentes. En promedio 6 radios/ mm clasificados como poco numerosos, no estratificados. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares en forma y tamaño. Presencia de sílice (Figura 4 y 5).

Fibras: Libriformes, longitud promedio de 1 720 μm clasificadas como largas; en promedio 33 μm de diámetro clasificadas como medianas, de paredes muy delgadas en promedio 3,9 μm ; no estratificadas; con punteaduras simples (Figura 8).



Figura 1: Madera en corte tangencial y radial de *Cariniana estrellensis*



Figura 2: Foto macroscópica transversal de *Cariniana estrellensis*

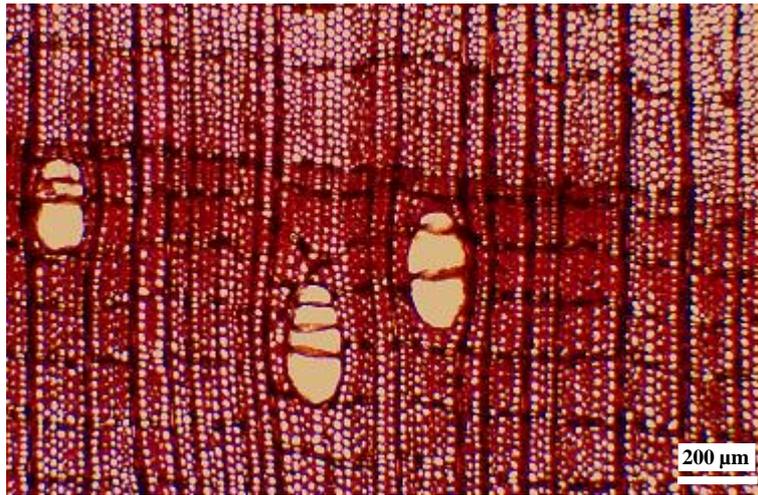


Figura 3: Corte transversal de *Cariniana estrellensis*

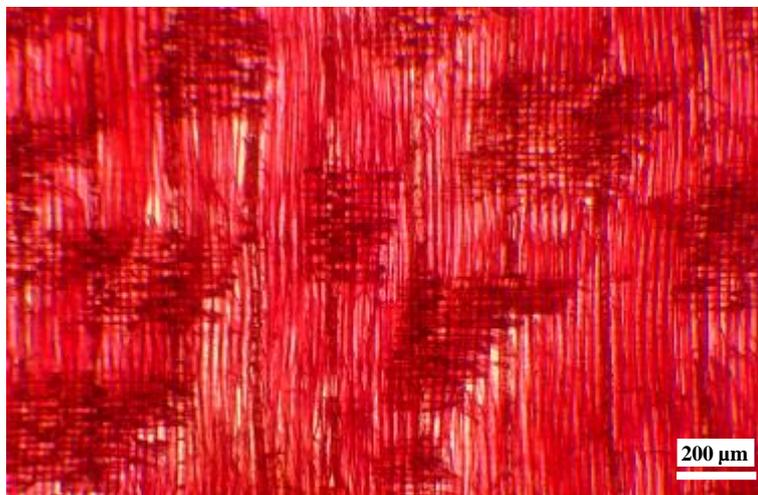


Figura 4: Corte radial de *Cariniana estrellensis*



Figura 5: Corte tangencial de *Cariniana estrellensis*

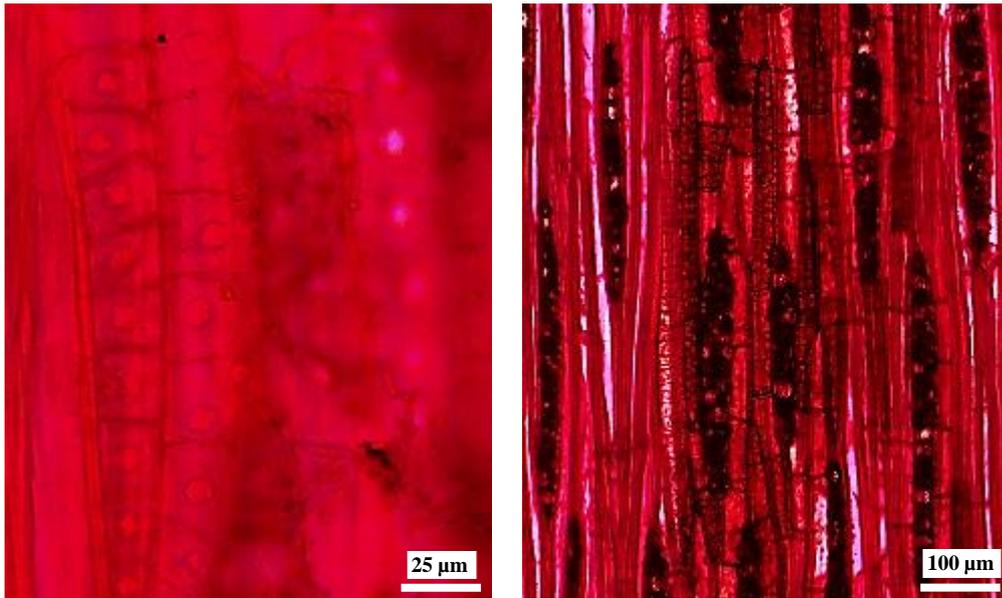


Figura 6: Cristales en parénquima longitudinal de *Cariniana estrellensis*



Figura 7: Elemento vascular de *Cariniana estrellensis*

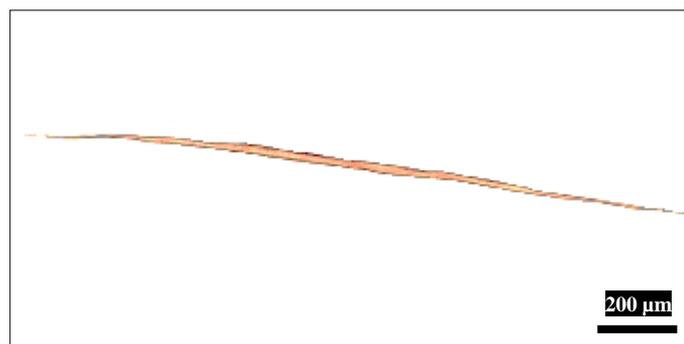


Figura 8: Fibra de *Cariniana estrellensis*

Sinónimos: *Pachylobus peruvianus* Loes.

Nombres comunes: “Caraña”, “Copal” (Perú)

Características generales

En condición seca al aire el duramen es de color amarillo pardo (2,5Y 8/4) (Figura 9). Sin diferenciación entre albura y duramen. Anillos de crecimiento no diferenciados. Olor y sabor no distintivos, grano entrecruzado, textura media, brillo bajo, veteado satinado y en arcos superpuestos poco diferenciados. Madera dura al ser cortada en forma manual con cuchilla en sentido transversal a las fibras.

Descripción macroscópica (Figura 10)

Poros: Visibles a simple vista, predominantemente solitarios de forma redonda y escasos múltiples radiales.

Parénquima: No visible en corte transversal.

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

Descripción microscópica

Poros/Elementos vasculares: porosidad difusa, poros predominantemente solitarios de forma redonda y escasos múltiples radiales de hasta 3 poros. Diámetro tangencial promedio 179 μm , clasificados como medianos, en promedio 9 poros/ mm^2 clasificados como pocos (Figura 11). Longitud promedio de los elementos vasculares 382 μm , clasificados como medianos (Figura 14). Platinas de perforación simple. Punteaduras intervasculares alternas de forma poligonal; con diámetro promedio de 12 μm , clasificadas como grandes. Presencia de apéndices en uno o ambos extremos.

Parénquima: En sección transversal ausente o extremadamente raro; en corte longitudinal no distinguible (Figura 11).

Radios: En sección tangencial altura promedio 327 μm , clasificados como extremadamente bajos; triseriados con un ancho promedio de 55 μm , clasificados como finos. En sección radial heterogéneos formados por células radiales procumbentes con una hilera de células

erectas, en sección tangencial de tipo II. En promedio 5 radios/mm clasificados como poco numerosos, no estratificados. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares en forma y tamaño. Presencia de sílice en células procumbentes (Figura 12 y 13).

Fibras: Libriformes, longitud promedio de 1 177 μm clasificadas como medianas; en promedio 22 μm de diámetro clasificadas como angostas, de paredes delgadas en promedio 3,5 μm , septadas de 3 a 4 septas; no estratificadas; con punteaduras simples (Figura 15).



Figura 9: Madera en corte tangencial y radial de *Dracryodes peruviana*



Figura 10: Foto macroscópica transversal de *Dacryodes peruviana*



Figura 11: Corte transversal de *Dacryodes peruviana*

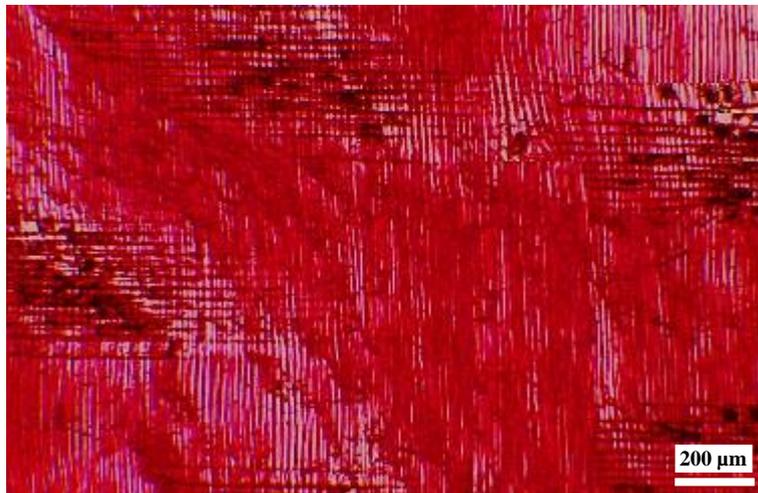


Figura 12: Corte radial de *Dacryodes peruviana*

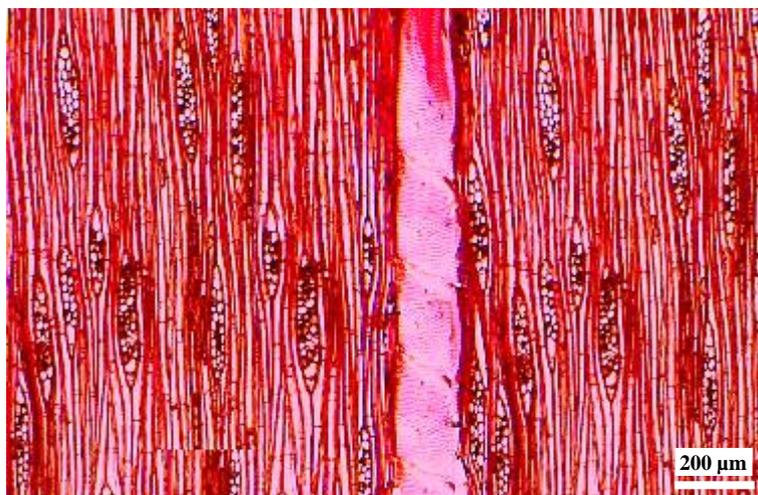


Figura 13: Corte tangencial de *Dacryodes peruviana*

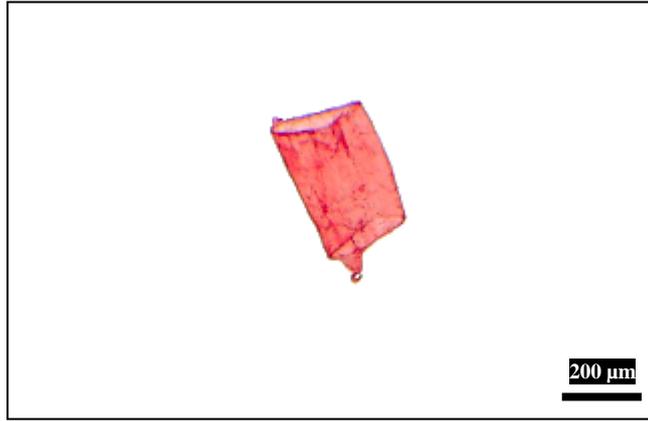


Figura 14: Elemento vascular de *Dacryodes peruviana*

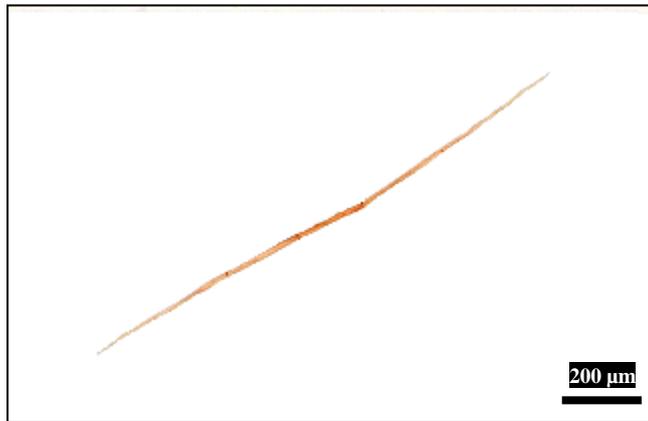


Figura 15: Fibra de *Dacryodes peruviana*

Palo fierro

Dialium guianense

Fabaceae

Sinónimos: *Arouna guianense* Aubl., *Dialium acuminatum* Spruce ex L. Williams, *Dialium divaricatum* Vahl.

Nombres comunes: “Palo fierro” (Perú).

Características generales

En condición seca al aire el duramen es de color marrón (5YR 3/2); mientras que la albura es de color amarillo claro (2,5Y 8/6) (Figura 16). Anillos de crecimiento diferenciados por bandas oscuras de forma irregular. Olor y sabor no distintivo, grano entrecruzado, textura fina, brillo medio y veteado en arcos superpuestos poco diferenciados. Madera dura al ser cortada en forma manual con cuchilla en sentido transversal a las fibras.

Descripción macroscópica (Figura 17)

Poros: Visible con lupa de 10X, predominantemente solitarios de forma redonda y escasos múltiples radiales, presencia de gomas.

Parénquima: Visible con lupa de 10X, parénquima longitudinal en bandas.

Radios: Visibles con lupa de 10X, sin contraste en la sección radial; estratificados.

Descripción microscópica

Poros/Elementos vasculares: porosidad difusa, poros predominantemente solitarios de forma redonda y escasos múltiples radiales de dos poros. Diámetro tangencial promedio de 103 μm , clasificados como medianos, en promedio 5 poros/ mm^2 clasificados como pocos (Figura 18). Longitud promedio de los elementos vasculares 230 μm clasificados como cortos (Figura 21). Platinas de perforación simple. Punteaduras intervasculares alternas de forma ovalada; con diámetro promedio de 7 μm clasificadas como medianas.

Parénquima: En sección transversal en bandas delgadas de hasta 3 células de ancho; en corte longitudinal de 3-4 septas por célula. Estratificación presente (Figura 18).

Radios: En sección tangencial altura promedio 225 μm , clasificados como extremadamente bajos; biseriados con 22 μm de ancho promedio clasificados como muy finos. En sección radial homocelulares formados por células procumbentes. En promedio 10 radios/ mm

clasificados como poco numerosos, estratificados. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares en forma y tamaño. Presencia de gomas (Figura 19 y 20).

Fibras: Libriformes, longitud promedio de 1 487 μm clasificadas como medianas; en promedio 19 μm de diámetro clasificadas como angostas, de paredes muy gruesas en promedio 6,4 μm ; no estratificadas; con punteaduras simples (Figura 22).



Figura 16: Madera en corte tangencial y radial de *Dialium guianense*



Figura 17: Foto macroscópica transversal de *Dialium guianense*

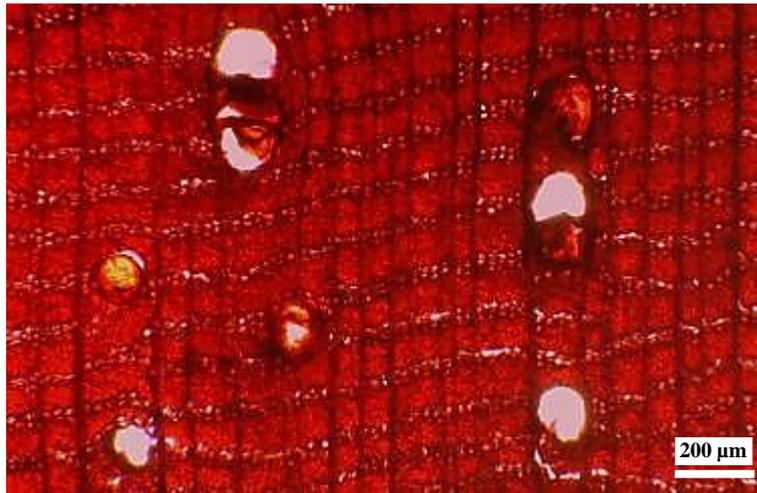


Figura 18: Corte transversal de *Dialium guianense*

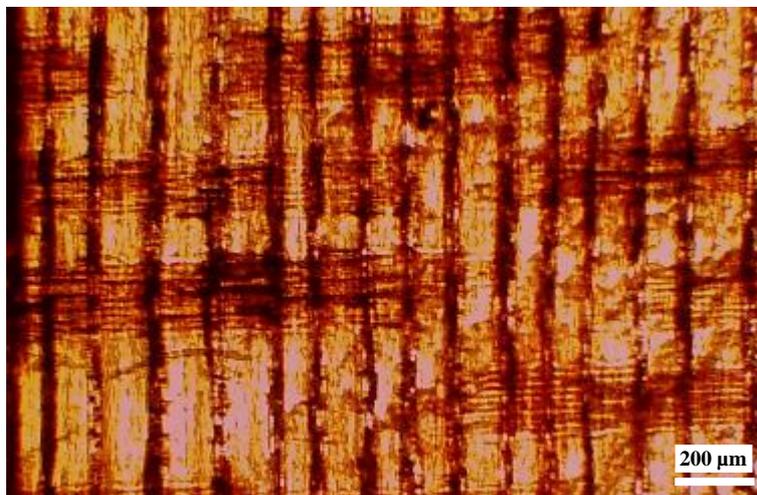


Figura 19: Corte radial de *Dialium guianense*



Figura 20: Corte tangencial de *Dialium guianense*

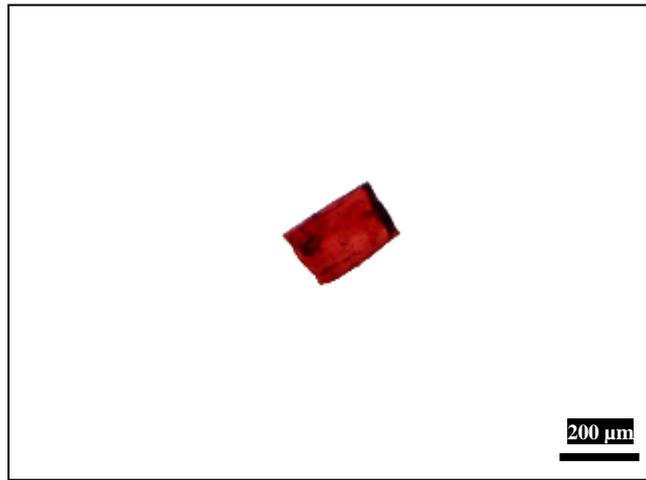


Figura 21: Elemento vascular de *Dialium guianense*

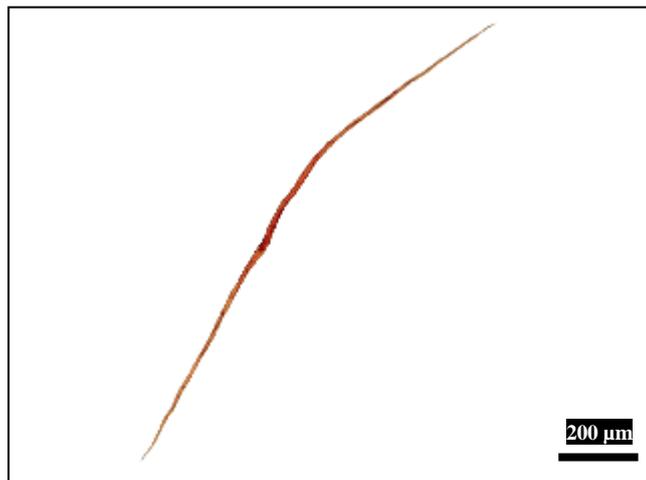


Figura 22: Fibra de *Dialium guianense*

Sinónimos: *Erisma pulverulentum* Poepp. ex Warm.

Nombres comunes: “Catuaba”, “Cedrillo” (Perú)

Características generales

En condición seca al aire el duramen es de color marrón rojizo (5YR 5/2); mientras que la albura es de color blanco grisáceo (7,5 YR 8/2) (Figura 23). Anillos de crecimiento diferenciados por bandas oscuras de forma irregular. Olor y sabor no distintivos, grano recto, textura gruesa, brillo medio y vetado en arcos superpuestos. Madera moderadamente dura al ser cortada de forma manual con cuchilla en sentido transversal a las fibras.

Descripción macroscópica (Figura 24)

Poros: Visibles a simple vista, predominantemente solitarios de forma ovalada y escasos múltiples radiales. Presencia de tilosis.

Parénquima: Visible a simple vista, parénquima longitudinal en bandas.

Radios: Visibles con lupa de 10X, poco contrastados en la sección radial, no estratificados.

Descripción microscópica

Poros/Elementos vasculares: porosidad difusa, poros predominantemente solitarios de forma ovalada, escasos múltiples radiales de dos poros. Diámetro tangencial promedio de 260 μm , clasificados como grandes, en promedio 2 poros/ mm^2 clasificados como muy pocos (Figura 25). Longitud promedio de los elementos vasculares 433 μm clasificados como medianos (Figura 28). Platinas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas de forma ovalada; con diámetro promedio de 10 μm , clasificadas como medianas.

Parénquima: En sección transversal en bandas anchas de más de tres células de ancho; en corte longitudinal más de 8 septas por célula. Floema incluido (Figura 25).

Radios: En sección tangencial altura promedio de 474 μm , clasificados como extremadamente bajos; biseriados con 34 μm de ancho promedio clasificados como muy finos. En sección radial homocelulares con células erectas y heterocelulares con cuerpo de células procumbentes con 2-4 hileras marginales de células erectas, en sección tangencial

predominantemente de Tipo I y escasos de Tipo II. En promedio 6 radios/mm clasificados como poco numerosos, no estratificado. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares en forma y tamaño. Presencia de sílice en células procumbentes y erectas (Figura 26 y 27).

Fibras: Libriformes, longitud promedio de 1 491 μm clasificadas como medianas; en promedio 23 μm de diámetro clasificadas como angostas, de paredes delgadas en promedio 4,5 μm ; no estratificadas; con punteaduras simples (Figura 29).



Figura 23: Madera en corte tangencial y radial de *Erisma uncinatum*



Figura 24: Foto macroscópica transversal de *Erisma uncinatum*

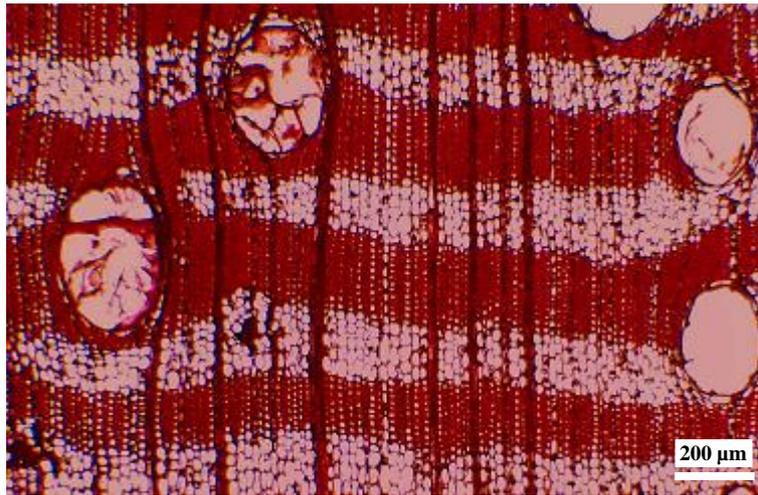


Figura 25: Corte transversal de *Erisma uncinatum*



Figura 26: Corte radial de *Erisma uncinatum*

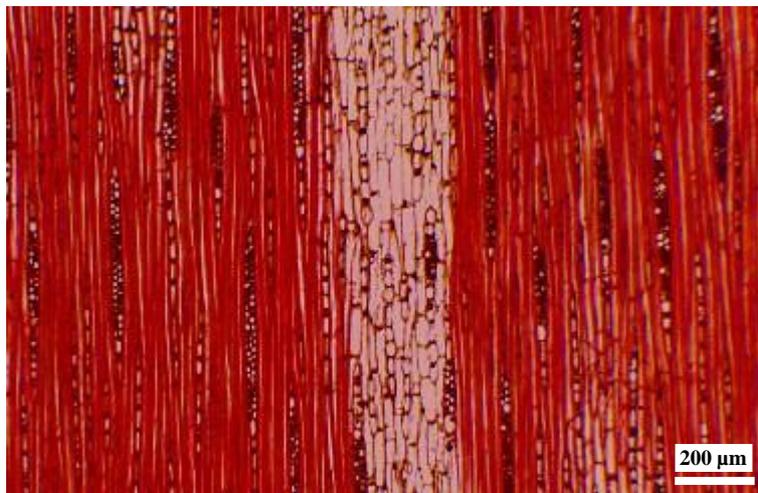


Figura 27: Corte tangencial de *Erisma uncinatum*

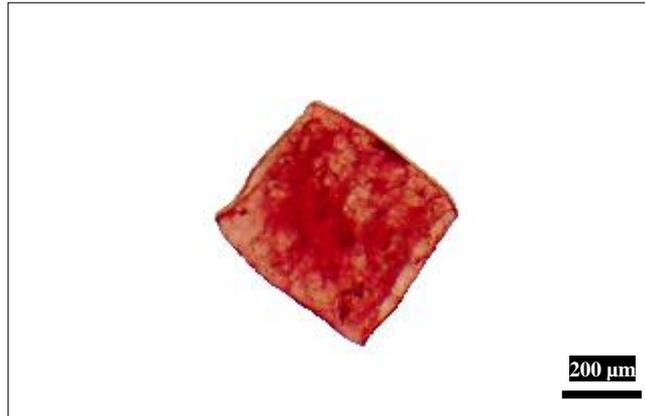


Figura 28: Elemento vascular de *Erisma uncinatum*



Figura 29: Fibra de *Erisma uncinatum*

Sinónimos: *Moronobea coccinea* Abul., *Moronobea globulifera*, (L.F.) Schltl., *Symphonia gabonensis* (Vesque) Pierre.

Nombres comunes: “Machare” (Colombia); “Laurel de monte”, “Azufre” (Bolivia); “Zaputi”, “Machare” (Ecuador); “Palo Azufre” (Perú); “Peramancillo”, “Parmau” (Venezuela); “Manii”, “Baichwaxtrae” (Guyana); “Chewstilk” (Honduras.); “Vavari” (Brasil).

Características generales

Seca al aire el duramen es de color naranja rojizo (7,5 YR 7/8); mientras que la albura es de color amarillo claro (2,5Y 8/6) (Figura 30). Anillos de crecimiento diferenciados por bandas oscuras de forma irregular. Olor y sabor no distintivos, grano recto, textura media, brillo medio y veteado en arcos superpuestos. Madera moderadamente dura al ser cortada de forma manual con cuchilla en sentido transversal a las fibras.

Descripción macroscópica (Figura 31)

Poros: Visibles a simple vista, predominantemente solitarios de forma ovalada y escasos múltiples radiales. Presencia de tilosis.

Parénquima: Visible a simple vista, parénquima longitudinal en bandas.

Radios: Visibles a simple vista, sin contraste en la sección radial, no estratificados.

Descripción microscópica

Poros/Elementos vasculares: porosidad difusa, poros predominantemente solitarios de forma ovalada y escasos múltiples radiales de dos poros. Diámetro tangencial promedio de 152 μm , clasificados como medianos, en promedio 3 poros/ mm^2 clasificados como muy pocos (Figura 32). Longitud promedio de los elementos vasculares 410 μm , clasificados como medianos (Figura 35). Platinas de perforación simple. Punteaduras intervasculares alternas de forma ovalada; con diámetro promedio de 9 μm , clasificadas como medianas. Presencia de apéndices en uno o ambos extremos.

Parénquima: En sección transversal en bandas anchas con más de 3 células de ancho; en corte longitudinal de 5-8 septas por célula (Figura 32).

Radios: En sección tangencial altura promedio 680 μm , clasificados como bajos; triseriados con 68 μm de ancho promedio clasificados como finos. En sección radial predominantemente homocelulares formados por células procumbentes y escasos heterocelulares formado por una mezcla de células procumbentes, en sección tangencial de Tipo III. En promedio 4 radios/mm clasificados como pocos, no estratificados. Punteaduras radiovasculares similares a las punteaduras intervasculares en forma y tamaño (Figura 33 y 34).

Fibras: Libriformes, longitud promedio de 1 681 μm clasificadas como largas; en promedio 27 μm de diámetro clasificadas como medianas, de paredes delgadas en promedio 4,7; no estratificadas; con punteaduras simples (Figura 36).



Figura 30: Madera en corte tangencial y radial de *Symphonia globulifera*



Figura 31: Foto macroscópica en corte transversal de *Symphonia globulifera*

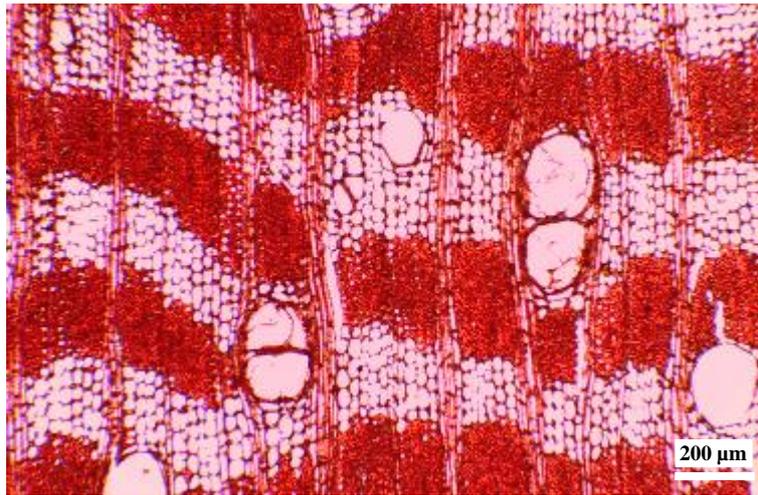


Figura 32: Corte transversal de *Symphonia globulifera*

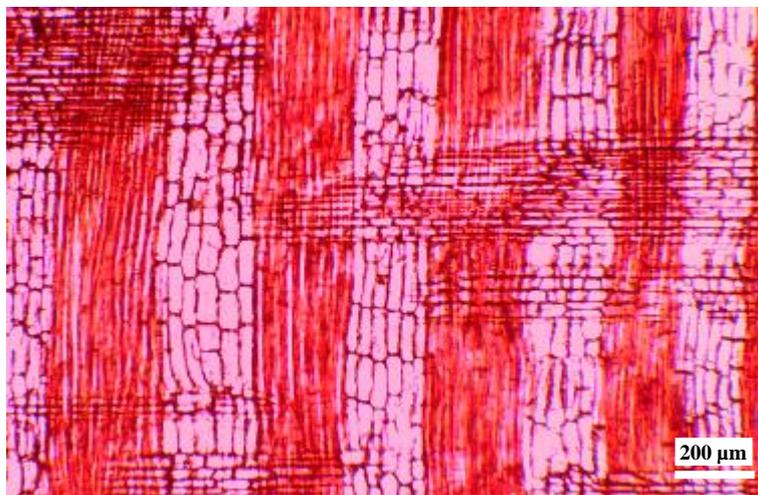


Figura 33: Corte radial de *Symphonia globulifera*

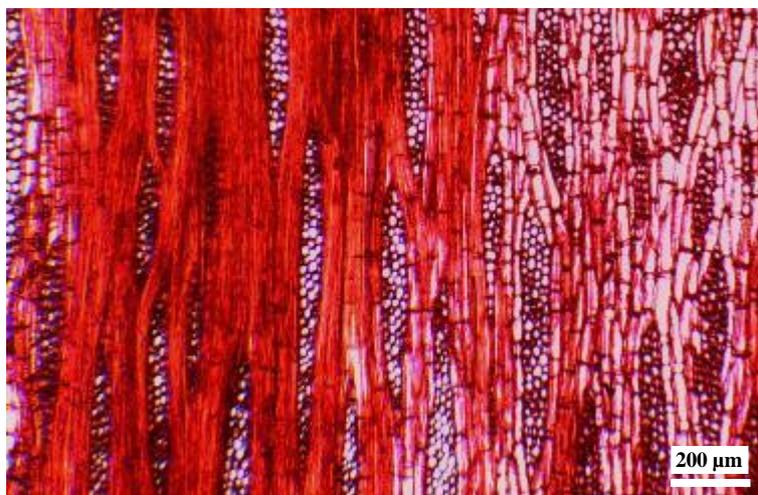


Figura 34: Corte tangencial de *Symphonia globulifera*

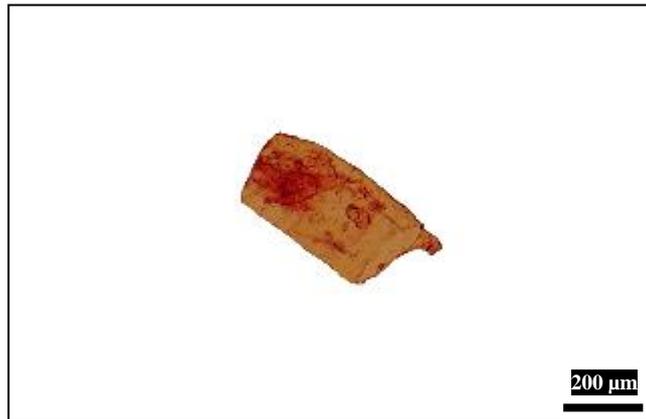


Figura 35: Elemento vascular de *Symphonia globulifera*

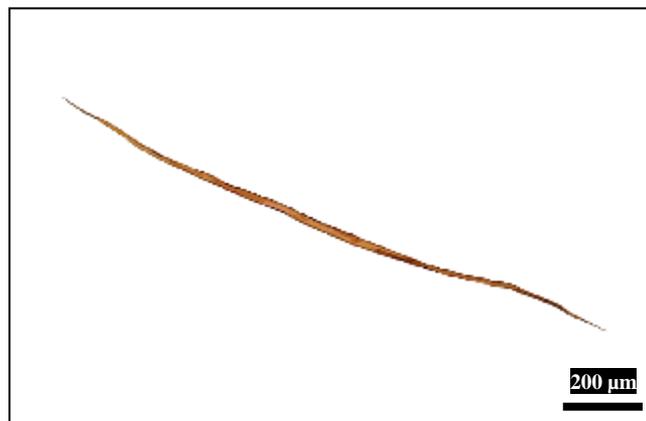


Figura 36: Fibra de *Symphonia globulifera*

2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

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

2.1. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS

Con respecto a las características organolépticas se puede indicar que el color del duramen de las cinco especies estudiadas, en condición seca al aire, presentaron tonalidades distintas, agrupándose en maderas claras (*Cariniana estrellensis*, *Dacryodes peruviana* y *Symphonia globulifera*) y maderas oscuras (*Dialium guianense* y *Erisma uncinatum*); característica que no debe ser tomada como un único patrón para la identificación, ya que aun cuando el color sea consistente, este puede ser común para otras especies (Vásquez, 2011).

En relación al grano, tres de las especies estudiadas (*Cariniana estrellensis*, *Erisma uncinatum* y *Symphonia globulifera*) presentaron grano recto; mientras que *Dacryodes peruviana* y *Dialium guianense* entrecruzado; en el primer caso las maderas de estas especies son más fáciles de trabajar; por el contrario, el grano entrecruzado afecta negativamente las condiciones de trabajabilidad y además la madera es propensa a sufrir deformaciones al secado, conforme lo indican Santiago, Guevara y Espinoza (2013).

En lo referente a textura, tres de las especies estudiadas presentaron textura media (*Cariniana estrellensis*, *Dacryodes peruviana* y *Symphonia globulifera*), mientras que *Dialium guianense* y *Erisma uncinatum* textura fina y gruesa respectivamente; esta característica está relacionada directamente con el tamaño de los poros. En relación al vetado, todas las especies estudiadas presentan arcos superpuestos y sólo *Dacryodes peruviana* presenta adicionalmente vetado satinado; en el primer caso estas figuras son consecuencia de la diferenciación de los anillos de crecimiento y las bandas de parénquima, mientras que el satinado es ocasionado por el grano entrecruzado, el cual se ve reflejado en el corte radial; lo cual coincide con los estudios de Santini (2013), León (2014) y Carpio (2003).

Todas las especies estudiadas presentan porosidad difusa; es decir, los poros no presentan variación de forma tamaño dentro de los anillos de crecimiento. Asimismo, todas presentaron poros predominantemente solitarios, a excepción de *Cariniana estrellensis*, que presenta poros predominantemente múltiples radiales.

A nivel macroscópico no se observa el parénquima longitudinal con lupa 10X en *Dacryodes peruviana*; y se registró parénquima en bandas de tipo reticulado en *Cariniana estrellensis* y en bandas en *Dialium guianense*, *Erisma uncinatum* y *Symphonia globulifera*.

A este nivel es relevante la presencia de radios estratificados y gomas en *Dialium guianense*, la presencia de tilosis en *Cariniana estrellensis*, *Erisma uncinatum* y *Symphonia globulifera*. También se observó presencia de floema incluido en las muestras de madera de *Erisma uncinatum*, característica que según Nigoski (2016) es importante en la identificación de esta especie, así como también su influencia en el acabado y en la resistencia de la madera.

Tabla 3: Características macroscópicas de las especies estudiadas

ESPECIES/ CARACTERÍSTICAS	CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS										CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS																	
	Color			Grano		Textura			Veteado		Resistencia al corte		Poros				Parénquima			Radios		Otros						
	Amarillo	Marrón	Rojo	Recto	Entrecruzado	Fina	Media	Gruesa	Arcos superpuestos	Satinado	Dura	Moderadamente dura	Porosidad difusa	Visibles a simple vista	Visibles con lupa 10X	Predominantemente solitarios	Predominantemente múltiples radiales	Visibles a simple vista	Visibles con lupa 10X	No visibles con lupa	En bandas de tipo reticulado	En bandas	Visibles a simple vista	Visibles con lupa 10X	Estratificados	Floema incluido	Gomas	Tilosis
<i>Cariniana estrellensis</i>			x	x		x			x		x	x	x			x	x			x								x
<i>Dacryodes peruviana</i>	x				x	x		x	x	x		x	x		x				x					x				
<i>Dialium guianense</i>		x			x	x			x		x			x	x			x				x		x		x		
<i>Erisma uncinatum</i>		x		x				x	x		x	x	x		x			x				x		x		x		x
<i>Symphonia globulifera</i>			x	x		x		x			x	x	x		x			x				x	x					x

Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.2. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS

A este nivel los elementos vasculares de *Dialium guianense* son cortos, mientras que en las otras cuatro especies son medianos. Las cinco especies presentan platinas de perforación simple, resultados que coinciden con los estudios de Detienne y Jaquet (1989), Santini (2013), León (2014) y Rangel (2012). Las especies *Cariniana estrellensis*, *Dacryodes peruviana* y *Symphonia globulifera* presentaron apéndices en uno o ambos extremos de los elementos vasculares, en el caso de *Dialium guianense* y *Erisma uncinatum* los apéndices son muy escasos o ausentes; esta característica es importante para la identificación botánica.

En cuanto al parénquima, en *Dacryodes peruviana* el parénquima es ausente o extremadamente raro, lo que confirma lo registrado por Detienne y Jacquet (1989). En *Cariniana estrellensis* es en bandas de tipo reticulado, lo cual coincide con lo descrito por Cury y Tomazello (2011). Asimismo, *Dialium guianense* presenta parénquima en bandas delgadas de hasta tres células de ancho; en tanto, *Erisma uncinatum* y *Symphonia globulifera* presentaron parénquima en bandas anchas con más de tres células de ancho, confirmando lo descrito por Santini (2013), León (2014) y Carpio (2003).

Cariniana estrellensis y *Dialium guianense* presentaron solo radios homocelulares, mientras que *Dacryodes peruviana* radios heterocelulares. *Erisma uncinatum* y *Symphonia globulifera* presentaron radios homocelulares y heterocelulares tipo I en el primer caso, lo que confirma lo descrito por León (2014); y radios escasos de tipo III en el caso de *Symphonia globulifera*, cabe mencionar que la presencia de radios heterocelulares en esta especie difiere lo presentado por Carpio (2003), quien registra la presencia únicamente de radios homocelulares.

Con respecto a longitud de las fibras, *Cariniana estrellensis* y *Symphonia globulifera* presentaron fibra larga, mientras que las otras tres especies estudiadas presentan fibras de longitud mediana. Por otro lado, *Dialium guianense* presenta fibras con espesor de pared muy gruesa y las otras cuatro especies presentaron fibras con espesor de pared delgada. Esta última característica está íntimamente relacionada con la densidad de la madera y su resistencia mecánica, según lo señalado por Malan (1995).

La presencia de cristales en el parénquima longitudinal de *Cariniana estrellensis* confirma lo registrado por Cury y Tomazello (2011) y que según el IAWA (1989) están compuestos por oxalatos de calcio; además esta especie presenta sílice al igual que *Dacryodes peruviana*, inclusión que genera abrasividad y desgaste del filo de las herramientas de corte según lo mencionado por Ninin (1986). También se observó la presencia de tilosis en *Cariniana estrellensis*, *Erismia uncinatum*, *Symphonia globulifera*; resultados que coinciden con los estudios de Cury y Tomazello (2011), León (2014) y Carpio (2003). Este tipo de inclusiones según Mohali y Castro (2005) y Kollmann (1959); así como la presencia de gomas en *Dialium guianense*, está asociada a la impermeabilidad de la madera por lo que el flujo de líquidos sería muy lento durante los procesos de secado y preservación, Ninin (1986) agrega que estas inclusiones dificultan la evacuación de aserrín durante el corte la madera. Finalmente se observó floema incluido en *Erismia uncinatum*, confirmando los estudios de León (2014); y que según Ugarte (2008), esta característica podría afectar la resistencia mecánica de la madera.

Tabla 4: Características microscópicas de las especies estudiadas

ESPECIES/ CARACTERÍSTICAS	VASOS/POROS								PARENQUIMA			RADIOS					FIBRAS					Otras características						
	Diámetro de poros		N°/mm ²		Longitud				En bandas			No distinguible	Homocelulares	Heterocelulares	Multiseriado	Tipo de radio			Estratificación	Longitud							Espesor de pared	
	Grandes	Medianos	Muy pocos	Pocos	Cortos	Medianos	Platinas de perforación simples	Presencia de apéndices	Anchas	Delgadas	Reticulado					Tipo I	Tipo II	TIPO III		Medianas	Largas	Muy delgadas	Delgada	Muy gruesas	Cristales	Tilosos	Gomas	Sílice
<i>Cariniana estrellensis</i>		x	x			x	x	x			x		x						x	x			x	x			x	
<i>Dacryodes peruviana</i>		x		x		x	x	x				x		x	x		x				x						x	
<i>Dialium guianense</i>		x		x	x		x			x			x			x	x					x				x		
<i>Erisma uncinatum</i>	x		x			x	x		x				x	x	x	x						x				x		x
<i>Symphonia globulifera</i>		x	x			x	x	x	x				x	x	x							x				x		

Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.3. PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DE LOS ELEMENTOS XILEMÁTICOS

En la Tabla 5: se presentan los valores de los parámetros estadísticos de los elementos xilemáticos de las especies estudiadas. Para el análisis de estos se utilizaron los grados de variabilidad propuestos por Rubio (2012) (Tabla 2:); según ello el diámetro tangencial de poros de la especie *Dialium guianense* son regularmente homogéneos, mientras que los diámetros de *Cariniana estrellensis* y *Dacryodes peruviana* regularmente variables; en tanto los valores obtenidos para *Erisma uncinatum* y *Symphonia globulifera* fueron variables.

En cuanto a longitud de elementos vasculares *Dialium guianense*, presentó datos más homogéneos un coeficiente de variabilidad de 11,2 por ciento; mientras que las especies con los datos más variables fueron *Cariniana estrellensis* y *Erisma uncinatum*.

Con respecto a la longitud de fibras *Cariniana estrellensis*, *Dacryodes peruviana* y *Symphonia globulifera* presentaron datos regularmente homogéneos, mientras que *Dialium guianense* y *Erisma uncinatum* muy homogéneos.

La variabilidad en las dimensiones de los elementos xilemáticos, puede justificarse por el código genético de cada especie, su lugar de procedencia, las condiciones del sitio donde se haya desarrollado, así como también por la ocurrencia de fenómenos ambientales, como lo mencionan Giménez y López (2000). Dicha variabilidad se refleja en la estructura de cada muestra de madera estudiada, tal es así que la especie con estructura estratificada presenta menor variabilidad en las dimensiones de sus elementos, como es el caso de *Dialium guianense* (Palo fierro).

Tabla 5: Parámetros estadísticos de las especies estudiadas

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	POROS			RADIO				FIBRAS			
	Diámetro tangencial (µm)	Número mm ²	Longitud de elementos vasculares (µm)	Altura (µm)	Ancho (µm)	Número de células de alto	Número de células de alto	Número por mm	Diámetro total (µm)	Espesor de Pared (µm)	Longitud (µm)
<i>Cariniana estrellensis</i>											
Promedio	142	4	416	343	38	26	2	6	33	3,9	1720
Desv Estándar	27,5	2	98,5	88,3	5,2	8,8	0,5	1,2	5	0,6	248,6
Coeficiente de Variación %	19,4	42	23,7	25,7	13,7	34	30,2	19,1	14,8	14,4	14,5
Intervalo de Confianza (95%)	6	0	21,6	19,4	1,1	1,9	0,1	0,3	1,1	0,1	54,5
Valor Mínimo	136	4	393,9	323,9	36,9	24	1,6	6,1	32,4	3,8	1665
Valor Máximo	148	5	437,1	362,6	39,2	27,9	1,8	6,6	34,6	4,1	1774
<i>Dacryodes peruviana</i>											
Promedio	179	9	382	327	55	24	3	5	22	3,5	1177
Desv Estándar	30,7	3	73,2	73,8	7,8	6,6	0,5	1,2	4	1	135,5
Coeficiente de Variación %	17,1	28	19,1	22,6	14,2	28,2	18,6	25,8	18,1	28,4	11,5
Intervalo de Confianza (95%)	6,7	1	16	16,2	1,7	1,5	0,1	0,3	0,9	0,2	29,7
Valor Mínimo	172,1	9	366,2	310,4	53,4	22,1	2,5	4,3	21,2	3,3	1148
Valor Máximo	185,6	10	398,3	342,8	56,8	25	2,7	4,8	23	3,7	1207
<i>Dialium guianense</i>											
Promedio	103,4	5	230,5	224,6	21,8	20,4	1,9	10,3	18,8	6,4	1487
Desv Estándar	14,2	2	25,9	20,2	3,1	3,5	0,3	1,4	2,5	0,8	100,8
Coeficiente de Variación %	13,7	37	11,2	9	14,1	17,3	17,7	14	13,3	13,1	6,8
Intervalo de Confianza (95%)	3,1	0	5,7	4,4	0,7	0,8	0,1	0,3	0,5	0,2	22,1
Valor Mínimo	100,3	4	224,8	220,1	21,1	19,6	1,8	10	18,3	6,2	1465
Valor Máximo	106,5	5	236,2	229	22,4	21,1	1,9	10,6	19,4	6,6	1509
<i>Erismia uncinatum</i>											
Promedio	259,7	2	433,3	473,5	34,5	21,3	1,9	6	22,7	4,5	1491
Desv Estándar	62,9	2	102,3	84,2	5	4,2	0,6	1,7	3,7	0,7	144,5
Coeficiente de Variación %	24,2	77	23,6	17,8	14,6	19,8	29,9	27,6	16,4	14,7	9,7
Intervalo de Confianza (95%)	13,8	0	22,4	18,4	1,1	0,9	0,1	0,4	0,8	0,1	31,7
Valor Mínimo	245,9	2	410,9	455,1	33,4	20,4	1,7	5,7	21,9	4,3	1460
Valor Máximo	273,5	2	455,7	492	35,6	22,2	2	6,4	23,5	4,6	1523
<i>Symphonia globulifera</i>											
Promedio	151,8	3	409,8	679,7	68,4	65,3	3,3	3,9	27	4,7	1681
Desv Estándar	33,2	1	74,7	232,2	13,3	28,2	0,8	1	4,5	0,8	239,9
Coeficiente de Variación %	21,9	45	18,2	34,2	19,4	43,1	25,2	24,6	16,8	16,3	14,3
Intervalo de Confianza (95%)	7,3	0	16,4	50,9	2,9	6,2	0,2	0,2	1	0,2	52,6
Valor Mínimo	144,5	3	393,5	628,8	65,5	59,2	3,1	3,7	26	4,6	1628
Valor Máximo	159,1	3	426,2	730,6	71,3	71,5	3,5	4,1	28	4,9	1733

Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.4. CLAVE DICOTÓMICA DE IDENTIFICACIÓN MACROSCÓPICA

- 1a Madera con estructura estratificada, textura fina, color marrón, dura, parénquima longitudinal en bandas, presencia de abundantes gomas.....*Dialium guianense*
- 1b Madera estructura estratificada.....2
- 2a Madera con parénquima ausente o extremadamente raro, color amarillo, textura media, vetado en arcos superpuestos y satinado, dura, poros predominantemente solitarios.....*Dacryodes peruviana*
- 2b Madera con parénquima visible con lupa.....3
- 3a Madera con textura gruesa, de color marrón, poros predominantemente solitarios, parénquima en bandas, presencia de tilosis y floema incluido.....*Erisma uncinatum*
- 4a Madera con parénquima reticulado, color rojo, con poros múltiples radiales, con presencia de tilosis.....*Cariniana estrellensis*
- 4b Madera con parénquima en bandas, de color rojo, grano recto, poros predominantemente solitarios con presencia de tilosis.....*Symphonia globulifera*

2.5. CLAVE DE IDENTIFICACIÓN MICROSCOPICA

A continuación, se presentan las claves de identificación microscópica, según los lineamientos del IAWA (1989).

- *Cariniana estrellensis*

1 5 7 13 22 26 30 42 46 53 56 61 66 68 73 87 93 97 104 115 141 160 161
186 189 192 198.

- *Dacryodes peruviana*

2 5 9 13 23 27 42 47 53 61 65 69 72 75 97 106 115 160 186 189 192 199

- *Dialium guianense*

1 5 9 13 22 26 30 42 46 52 58 61 66 70 72 86 92 97 104 115 118 120 186
189 192 197.

- *Erisma uncinatum*

1 5 9 13 22 26 30 43 46 53 56 61 66 69 72 85 94 97 105 107 115 133 160
186 189 192 197.

- *Symphonia globulifera*

1 5 9 13 22 26 30 42 46 53 56 61 66 69 73 85 93 97 104 109 114 186 189
192 199.

V. CONCLUSIONES

- 1) Las especies *Cariniana estrellensis*, *Dacryodes peruviana* y *Symphonia globulifera* presentan textura media; mientras que *Dialium guianense* y *Erisma uncinatum* textura fina y gruesa respectivamente.
- 2) A nivel macroscópico resalta la presencia de tilosis en *Cariniana estrellensis*, *Erisma uncinatum* y *Symphonia globulifera*; de radios estratificados en *Dialium guianense* y la presencia de floema incluido en *Erisma uncinatum*.
- 3) Macroscópicamente las especies *Cariniana estrellensis*, *Dacryodes peruviana*, y *Symphonia globulifera* presentan elementos vasculares con apéndices en uno o ambos extremos. *Cariniana estrellensis* y *Dacryodes peruviana* presentan radios exclusivamente homocelulares y heterocelulares respectivamente; asimismo, *Dialium guianense*, *Erisma uncinatum* y *Symphonia globulifera* presentan ambos tipos de radios.
- 4) *Cariniana estrellensis* y *Symphonia globulifera* presentan fibra larga; mientras que *Dacryodes peruviana*, *Dialium guianense* y *Erisma uncinatum* fibra de longitud mediana. La especie *Dialium guianense* es la única que presentó estructura estratificada (parénquima y radios).
- 5) Resalta la presencia de sílice en *Cariniana estrellensis* y *Dacryodes peruviana*, de floema incluido en *Erisma uncinatum* y cristales de forma romboide en *Cariniana estrellensis*.
- 6) La clave dicotómica de identificación macroscópica elaborada para las cinco especies demostró ser eficiente, siempre que sea empleada por personas con conocimiento en anatomía de la madera y se siga el orden de las características empleadas en su elaboración.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de las propiedades físicas, mecánicas y de trabajabilidad de las especies estudiadas; con la finalidad de completar la información tecnológica de cada especie y determinar la aptitud de uso de cada una de ellas.
- Realizar estudios anatómicos de las cinco especies estudiadas, con muestras provenientes de distintos ámbitos geográficos, para determinar qué características anatómicas están influenciadas por factores externos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aróstegui, A. 1975. Estudio tecnológico de maderas del Perú: Características tecnológicas y usos de la madera de 145 especies del País. Lima, PE, UNALM. 300 p

Ayala, F. 2003. Taxonomía Vegetal: Gimnospermas y Angiospermas de la Amazonía Peruana. Folia Amazónica. 2: 423-858

Carpio, M. 2003. Maderas de Costa Rica, 150 especies forestales. San José, CR. Universidad de Costa Rica. 340 p

COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas, BR). 1972. Maderas: Métodos para realizar el análisis estadístico de las propiedades de las maderas. Esquema 1 de Norma 30:1-12. Brasil, COPANT. (8 p.)

Cury, G. 2001. Descrição da estrutura anatômica do lenho e sua aplicação na identificação de espécies arbóreas do Cerrado e da Mata Atlântica do estado de São Paulo. Tesis Mag. Sc. São Paulo, BR. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 178 p.

_____; Tomazello Filho, M. 2011. Descrição anatômica de espécies de madeira utilizadas na construção civil. Floresta e Ambiente. 18 (3): p. 227-236

Detienne, P. y Jacquet, P. 1989. Atlas d'identification des bois de l' amazonie et des regions voisines Marne. Francia, Centre Technique Forestier Tropical. 640 p.

Giménez, A y Lopez, C. 2000. Caracteres anatómicos que determinan la variabilidad del leño en *Schinopsis quebracho-colorado* (Schelecht.) Barkl. Et Meyer Anacardiaceae (en línea). Santiago de Estero, AR, Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques. Consultado 12 set. 2017. Disponible en: <https://recyt.fecyt.es//index.php/IA/article/view/2622>.

Gonzales, J.; Leitaõ, G.; Gomes da Silva, F. y De Almeida, J. 2014. Relações entre dimensões de fibras e de densidade da madeira ao longo do tronco de *Eucalyptus urograndis*. Scientia Forestalis. 42 (101): p. 81-89.

IAWA (Association of Wood Anatomists, NL). 1989. List of microscopic features for hardwood identification. Holanda, IAWA. v.10, p. 217 -332.

- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, BR) 1991. Normas de procedimentos em estudos do anatomía do madeira: I. Angiospermae, 11. Gimnosperame. Brasil, IBAMA. 19 p.
- Justiniano, J y Fredericksen, T. 1999. Ecología y Silvicultura de especies menos conocidas Cambará hembra (*Erismia uncinatum*). Santa Cruz, BO. BOLFOR. 35 p.
- Kollmann, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones: Física de la madera, Teoría de la impregnación de maderas a presión. Madrid, ES. Ministerio de Agricultura, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de la Madera. 675 p.
- Mohali, S. y Castro, F. 2005. Evaluación de laboratorio de la durabilidad natural e inducida de la madera Pino Caribe (*Pinus caribaea* Mor. Var. Hondurensis) y Melina (*Gmelina arborea* Roxb). Revista Arbitraria de Distribución Científica 1(2): p. 52- 59.
- MUNSELL COLOR. 1990. Munsell soil color charts. Baltimore, USA, Macbeth division of Kollmorgen Corporation. 34 p.
- Nigoski, S. y Bolzon de Muñis, G. y Ceccantini, G. 2003. Caracterização anatômica macroscópica de madeira usada para a laminação (en línea). São Paulo, BR. Scientia Agraria. Consultado 12 de mar. 2017. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/995/99518008007.pdf>
- _____. 2016. Anatomía de la Madera. Paraná, BR. Universidade federal do Paraná, Departamento de engenharia e tecnologia florestal. 62 p.
- Ninin, L. 1986. Manual de aserrado y afilado. Mérida, VE. 144 p.
- León, W. y Espinosa, N. 2001. Anatomía de la Madera. Mérida, VE. Universidad de los Andes. 512 p.
- _____. 2014. Anatomía de madera de 108 especies de Venezuela. Mérida, VE. PITTIERIA. p. 227 – 228.
- OSINFOR (Organismo de supervisión de recursos forestales, PE), 2013. Distribución de las especies forestales del Perú (en línea). Presidencia del Consejo de Ministros. Consultado 27 de may. 2017. Disponible en: http://www.osinfor.gob.pe/portal/data/destacado/adjunto/especies_forestales.pdf.

- Paula, J. 2005. Caracterização anatômica da madeira de espécies nativas do cerrado, visando sua utilização na produção de energia. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. (11)1: 90 - 100.
- Pereira, O. 2013. Anatomía e identificação da madeira de genótipos de *Eucalyptus* spp plantados no estado de Minas Gerais. Tesis Mag Sc. Lavra, BR. Universidade Federal de Lavras. 93 p.
- Rangel, Á. 2012. Anatomía comparada do lenho e do carvão aplicada na indentificação de 75 especies da floresta Amazonica no estado do Pará. Tesis Mag Sc. Piracicaba, BR. Universidad de São Paulo. 250 p.
- Rubio, J. 2002. Estadística. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, PE. 175 p.
- Salazar, R. y Soihet, C. 2001. Manejos de semillas de 75 especies forestales de América Latina. Turrialba, CR. CATIE. p. 9-10.
- Santiago, P. y Guevara, C. y Espinoza, M. 2013. Manual de transformación de la madera: Proyecto de utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Lima, PE. Ministerio de Agricultura. Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre (DGFFS). p. 30.
- Santini, L. 2013. Descrição macroscópica e microscópica da madeira aplicadas à identificação das principais espécies comerciais no estado de São Paulo. Tesis Mag Sc. Piracicaba, BR. Universidad de São Paulo. p. 120.
- Seminario internacional de utilização da madeira de eucalipto para serraria (1995, São Paulo, BR). 1995. Eucalyptus improvement for lumber production. Eds. F Malan. São Paulo, BR p. 1-19.
- Ugarte, J. 2009. Caracterización anatómica de nueve especies forestales de la concesión industrial Maderera Zapote en Loreto (Perú). Tesis Ing. Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 113 p.
- Vásquez, A. 2011. Anatomía e identificación de maderas. Medellín, CO. Universidad Nacional de Colombia. p. 9.
- Wheller, E. y Bass, P. 1998. Wood identification. IAWA journal (19)3: 241-264.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1

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

CARACTERÍSTICAS ANATOMICAS

Anillos de crecimiento

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

Vasos/poros

Porosidad

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

Arreglo o disposición de poros

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

Agrupamiento de Poros

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

Contorno de Poros solitarios

12. Poros solitarios con contorno angular

Platinas de perforación

13. Platinas de perforación simple
14. Platinas de perforación escaleriforme
 15. Platinas de perforación escaleriforme con < 10 barras
 16. Platinas de perforación escaleriforme con 10-20 barras
 17. Platinas de perforación escaleriforme con 20-40 barras
 18. Platinas de perforación escaleriforme con > 40 barras

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

Punteaduras intervasculares: Arreglo y tamaño

20. Punteaduras intervasculares escaleriforme
21. Punteaduras intervasculares opuestas
22. Punteaduras intervasculares alternas
23. Punteaduras intervasculares alternas de forma poligonal
24. Muy pequeñas - $\leq 4 \mu\text{m}$
25. Pequeñas - $4-7 \mu\text{m}$
26. Medianas - $7-10 \mu\text{m}$
27. Grandes - $\geq 10 \mu\text{m}$
28. Rango de tamaño punteaduras intervasculares (μm)

Punteaduras ornadas

29. Punteaduras ornadas

Punteaduras radiovasculares

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

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

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

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

34. Punteaduras radiovasculares unilateralmente compuestas y grandes

35. Punteaduras radiovasculares restringidas a hileras marginales

Engrosamientos espiralados

36. Engrosamientos espiralados presentes en los elementos vasculares

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

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

39. Engrosamientos espiralados presentes solo en los elementos vasculares delgados

Diámetro tangencial promedio de Poros

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

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

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

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

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

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

Poros por milímetro cuadrado

46. ≤ 5 Poros/mm²

47. 5-20 poros/mm²

48. 20-40 Poros/mm²

49. 40-100 Poros/mm²

50. ≥ 100 Poros/mm²

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

Longitud promedio de elementos vasculares

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

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

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

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

Tilosis y depósitos en vasos

56. Tilosis común

57. Tilosis esclerótica

58. Gomas y otros depósitos en vasos en el duramen

Madera sin Poros

59. Madera sin vasos

Traqueidas y fibras

60. Traqueidas vasicéntricas/vasculares presentes

Fibras de tejido macerado

61. Fibras con punteaduras simples a areoladas con borde reducido

62. Fibras con punteaduras areoladas

63. Punteaduras comunes en las paredes radial y tangencial

64. Engrosamientos espiralados en fibras de tejido macerado

Fibras septadas y bandas de fibras similares a parénquima

65. Presencia de fibras septadas
66. Presencia de fibras no septadas
67. Bandas de fibras parecidas a parénquima alternando con fibras ordinarias
- Esesor de pared de las fibras
68. Fibras de pared muy delgada
69. Fibras de pared delgada a gruesa
70. Fibras de pared muy gruesa
- Longitud promedio de fibras
71. $\leq 900\mu\text{m}$
72. $900-1600\mu\text{m}$
73. $\geq 1600\mu\text{m}$
74. Promedio, \pm desviación estándar, rango, $n = x$
- Parénquima longitudinal
75. Parénquima longitudinal ausente o extremadamente raro
- Parénquima longitudinal apotraqueal
76. Parénquima longitudinal difuso
77. Parénquima longitudinal difuso en agregados
- Parénquima longitudinal paratraqueal
78. Parénquima longitudinal paratraqueal escaso
79. Parénquima longitudinal vasocéntrico
80. Parénquima longitudinal aliforme
81. Parénquima longitudinal aliforme romboide
82. Parénquima longitudinal aliforme en forma de alas
83. Parénquima longitudinal confluyente
84. Parénquima longitudinal paratraqueal unilateral
- Parénquima longitudinal en bandas
85. Bandas de parénquima longitudinal de más de 3 células de ancho
86. Parénquima longitudinal en bandas delgadas o líneas hasta 3 células de ancho
87. Parénquima longitudinal reticulado
88. Parénquima longitudinal escaleriforme
89. Parénquima longitudinal marginal o aparentemente en bandas marginales
- Tipo de células/longitud de hilera de parénquima longitudinal
90. Células de parénquima fusiformes
91. Dos células por hilera de parénquima
92. Cuatro (3-4) células por hilera de parénquima
93. Ocho (5-8) células por hilera de parénquima
94. Más de 8 células por hilera de parénquima
95. Parénquima no lignificado

Radios

- Ancho de radios
96. Radios exclusivamente uniseriados
 97. Radios con 1-3 células de ancho
 98. Radios mayores comúnmente de 4-10 células de ancho
 99. Radios mayores comúnmente > 10 células de ancho
 100. Radios con porciones multiseriadas tan anchas como las porciones uniseriadas
- Radios agregados
101. Radios agregados
- Altura de radios
102. Altura de radios > 1 mm
- Radios de dos tamaños distintos
103. Radios de dos tamaños distintos
- Radios: Composición celular
104. Todas las células radiales procumbentes
 105. Todas las células radiales erectas y/o cuadradas
 106. Cuerpo de células radiales procumbentes con una fila marginal de células erectas y/o cuadradas
 107. Cuerpo de células radiales procumbentes con 2-4 hileras marginales de células erectas y/o cuadradas
 108. Cuerpo de células radiales procumbentes con más de 4 hileras marginales de células erectas y/o cuadradas
 109. Radios con células procumbentes, erectas y cuadradas mezcladas en todo el radio
- Células envolventes
110. Células envolventes
- Células tipo baldosas

111. Células tipo baldosas
- Perforaciones en células radiales
112. Perforaciones en células radiales
- Paredes celulares del parénquima radial separadas
113. Paredes celulares del parénquima radial separadas
- Radios por milímetro
114. $\leq 4/\text{mm}$
115. $4-12/\text{mm}$
116. $\geq 12/\text{mm}$
- Madera sin radios
117. Madera sin radios

Estructura estratificada

118. Todos los radios estratificados
119. Radios menores estratificados, radios mayores no estratificados
120. Parénquima longitudinal y/o elementos vasculares estratificados
121. Fibras estratificadas
122. Radios y/o elementos axiales estratificados irregularmente
123. Numero de hileras de radios por mm longitudinal
- Elementos secretorios y variantes cambiales
- Células oleosas y mucilaginosas
124. Células oleosas y/o mucilaginosas asociadas al parénquima radial
125. Células oleosas y/o mucilaginosas asociadas al parénquima longitudinal
126. Células oleosas y/o mucilaginosas presentes entre las fibras
- Canales intercelulares
127. Canales longitudinales en líneas tangenciales largas
128. Canales longitudinales en líneas tangenciales cortas
129. Canales longitudinales difusos
130. Canales radiales
131. Canales intercelulares de origen traumático
- Tubos laticíferos o taniníferos
132. Tubos laticíferos o taniníferos
- Variantes cambiales
133. Floema incluido, concéntrico
134. Floema incluido, difuso
135. Otras variantes cambiales

Inclusiones minerales

136. Presencia de cristales prismáticos
137. Cristales prismáticos en células radiales erectas y/o cuadradas
138. Cristales prismáticos en células radiales procumbentes
139. Cristales prismáticos en alineación radial en células radiales procumbentes
140. Cristales prismáticos en cámaras en células erectas y/o cuadradas
141. Cristales prismáticos en células del parénquima longitudinal.
142. Cristales prismáticos en cámaras en células del parénquima longitudinal
143. Cristales prismáticos en fibras

Drusas

144. Presencia de drusas
145. Drusas en células de parénquima radial
146. Drusas en células de parénquima longitudinal
147. Drusas en fibras
148. Drusas en cámaras

Otros tipos de cristales

149. Rafidios
150. Cristales aciculares
151. Estiloides y/o cristales elongados
152. Cristales de otras formas (mayormente pequeños)
153. Cristales arenosos
- Otras características de diagnóstico de cristales
154. Más de un cristal del mismo tamaño por célula o cámara
155. Cristales de dos tamaños distintos por célula o cámara
156. Cristales en células agrandadas

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

APENDICE - información no anatómica

Distribución Geográfica

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

Hábitat

- 189. Árbol
- 190. Arbusto
- 191. Trepadora/liana
- Madera de importancia comercial
- 192. Madera de importancia comercial
- Densidad Básica
- 193. Densidad básica baja, ≤ 0.40
- 194. Densidad básica media, $0.40-0.75$
- 195. Densidad básica alta, ≥ 0.75
- Color del duramen
- 196. Duramen de color más oscuro que la albura
- 197. Duramen básicamente marrón o tono marrón
- 198. Duramen básicamente rojo o tono rojo
- 199. Duramen básicamente amarillo o tono amarillo
- 200. Duramen básicamente blanco a gris
- 201. Duramen con vetas
- 202. Duramen diferente a los de arriba
- Olor
- 203. Olor distinguible
- Fluorescencia del duramen
- 204. Duramen fluorescente
- Extractivos en agua y etanol: fluorescencia y color
- 205. Extractivo en agua fluorescente
- 206. Extractivo en agua básicamente sin color a color marrón o tono marrón
- 207. Extractivo en agua básicamente rojo o tono rojo

- 208. Extractivo en agua básicamente amarillo o tono amarillo
- 209. Extractivo en agua diferente a los de arriba
- 210. Extractivo en etanol fluorescente
- 211. Extractivo en etanol básicamente sin color a color marrón o tono marrón
- 212. Extractivo en etanol básicamente rojo o tono rojo
- 213. Extractivo en etanol básicamente amarillo o tono amarillo
- 214. Extractivo en etanol diferente a los de arriba
- Prueba de espuma
- 215. Prueba de espuma positiva
- Prueba de Cromo Azurol-S
- 216. Prueba de Cromo Azurol-S positiva
- Prueba de combustión de astillas
- 217. Astillas combustionan hasta carbón
- 218. Astillas combustionan totalmente hasta cenizas: Color de cenizas blanco brillante
- 219. Astillas combustionan totalmente hasta cenizas: Color de cenizas amarillo-marrón
- 220. Astillas combustionan totalmente hasta cenizas: Color de cenizas diferente a las de arriba
- 221. Astillas combustionan parcialmente hasta cenizas

ANEXO 2

CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS XILEMÁTICOS SEGÚN SUS DIMENSIONES

Número de poros por mm²

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

Diámetro de poros

Muy pequeños	< 50 μm
pequeños	50 < 100 μm
Medianos	101 < 200 μm
Grandes	> 200 μm

Longitud de elementos vasculares

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

Número de radios / mm

Pocos	< 4
Poco numerosos	4 a 11
Numerosos	> 11

Longitud de fibras

Cortas	< 900 μm
Medianas	901 - 1 600 μm
Largas	> 1 600 μm

Diámetro de fibras

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

Altura de radios

Extremadamente bajos	menos de 600 μm
Bajos	600 a 2 000 μm
Medianos	2 000 a 5 000 μm
Altos	5 000 a 10 000 μm
Muy altos	> 10 000 μm

Ancho de radios

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

Espesor de pared de las fibras (μm)

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

