

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

SEDE JAÉN



TESIS

**CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA DE LA MADERA Y CARBÓN DE CINCO
ESPECIES FORESTALES PARA SU IDENTIFICACIÓN**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

RONALD PAUL PALOMINO HEREDIA

ASESOR:

M. Sc. Ing. GERMÁN PÉREZ HURTADO

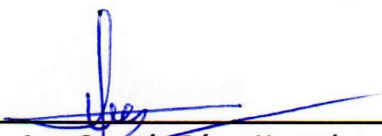
JAÉN -PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Ronald Paul Palomino Heredia
DNI: 42843063
Escuela Profesional/Unidad UNC:
Ingeniería Forestal
2. Asesor:
M. Sc. Ing. Germán Pérez Hurtado
Facultad/Unidad UNC:
Ingeniería Forestal
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
"CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA DE LA MADERA Y CARBÓN DE CINCO ESPECIES FORESTALES PARA SU IDENTIFICACIÓN"
6. Fecha de evaluación: 26/05/2025
7. Software antiplagio: ☒ **TURNITIN** ☐ **URKUND (ORIGINAL) (*)**
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 21 %
9. Código Documento: oid: 3117:462347233
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ **APROBADO** ☐ **PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO**

Fecha Emisión: 26/05/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 Ing. M. Sc. Ing. Germán Pérez Hurtado DNI: 27735077



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Fundada por Ley N° 14015 del 13 de febrero de 1,962
"Norte de la Universidad Peruana"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL
FILIAL JAÉN
Calle Simón Bolívar N° 1368 - 1370 Plaza de Armas
Calle Mariscal Ureta N°1355 - 1357
JAÉN - PERÚ



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Jaén, a los **veintisiete** días del mes de **agosto** del año dos mil veinticinco, se reunieron en el **Ambiente de la Sala de Docentes de Ingeniería Forestal- Filial Jaén**, los miembros del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 347-2025-FCA-UNC, de fecha 16 de junio 2025, con el objeto, de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: **"CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA DE LA MADERA Y CARBÓN DE CINCO ESPECIES FORESTALES PARA SU IDENTIFICACIÓN"**, ejecutado por el Bachiller en Ciencias Forestales, **Don RONALD PAUL PALOMINO HEREDIA**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las **nueve** horas y **cero** minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando al sustentante a exponer su trabajo de Tesis y luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación, el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **quince (15)**; por tanto, el Bachiller queda expedito para el inicio de los trámites, para que se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

A las **diez** horas y **diez** minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Jaén, 27 de agosto de 2025.

Ing. M. Cs. **Leiyen Flores Flores**
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. **Francisco Fernando Aguirre De Los Ríos**
SECRETARIO

Ing. M. Sc. **Vitoly Becerra Montalvo**
VOCAL

Ing. M. Sc. **Germán Pérez Hurtado**
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres quienes con su gran amor, sacrificio y enseñanzas me han guiado por el camino de la vida. Gracias por su apoyo incondicional y por creer siempre en mí.

A ti madre, la estrella más brillante del cielo, cuyo amor sigue iluminando mi camino.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a todas las personas que han sido parte de este proceso. A mi asesor de tesis Ing. M. Sc. Germán Pérez Hurtado, por su apoyo en la culminación de mi trabajo de investigación, al Dr. Manuel Chavesta Custodio por su invaluable orientación, apoyo y paciencia a lo largo de este trabajo. Sus consejos y sugerencias fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1. Antecedentes de la investigación.....	16
2.2. Bases teóricas.....	19
2.2.1. Descripción de <i>Capparis scabrida</i> H.B.K. (Sapote)	19
2.2.2. Descripción de <i>Loxopterigyum huasango</i> (hualtaco)	21
2.2.3. Descripción de <i>Vachelia macracantha</i> H & B. (Faigue)	23
2.2.4. Descripción de <i>Cordia lutea</i> Lam. (overo).....	24
2.2.5. Descripción de <i>Cynophalla flexuosa</i> (L.)J.Presl.(sune)	26
2.2.6. Madera	27
2.2.7. Carbón vegetal	28
2.2.8. Productos forestales no maderables	30
2.2.9. Anatomía de la madera	31

2.3. Definición de términos básicos.....	33
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	35
3.1. Localización.....	35
3.2. Tipo y diseño de investigación	36
3.3. Población, muestra y unidad de análisis	36
3.4. Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de información	37
3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	37
3.6. Aspectos éticos	37
3.7. Materiales y procedimiento	37
3.8. Presentación de la información.....	41
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. Resultados.....	42
4.1.1. Descripción anatómica de la madera de <i>Capparis scabrida</i> H.B.K.....	42
4.1.2. Descripción anatómica de la madera de <i>Cynophalla flexuosa</i> H.B.K.	45
4.1.3. Descripción anatómica de la madera de <i>Loxopterigyum huasango</i>	47
4.1.4. Descripción anatómica de la madera de <i>Vachelia macracantha</i>	50
4.1.5. Descripción anatómica de la madera de <i>Cordia lutea</i> Lam.	53
4.1.6. Características macroscópicas de carbón de <i>Capparis scabrida</i> H.B.K.....	56
4.1.7. Características macroscópicas de carbón de <i>Cynophalla flexuosa</i> H.B.K.....	57
4.1.8. Características macroscópicas de carbón de <i>Loxopterigyum huasango</i>	58

<i>4.1.9. Características macroscópicas de carbón de Vachelia macracantha</i>	<i>58</i>
<i>4.1.10. Características macroscópicas de carbón de Cordia lutea Lam.....</i>	<i>59</i>
4.2. Discusión	61
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
5.1. Conclusiones.....	65
5.2. Recomendaciones	65
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
CAPÍTULO VII. ANEXOS	75
Anexo 1. Panel fotográfico	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros estadísticos de las especies estudiadas	60
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio	35
Figura 2. Sección transversal a nivel macroscópico de <i>Capparis scabrida</i>	43
Figura 3. Elementos leñosos de <i>Capparis scabrida</i> . A) vaso, B) Fibra.....	44
Figura 4. Características microscópicas de <i>Capparis scabrida</i> . A) Sección tangencial, B) Sección radial.....	44
Figura 5. Sección trasnversal a nivel macroscópico de <i>Cynophalla flexuosa</i> H.B.K.....	46
Figura 6. Características microscópicas de <i>Cynophalla flexuosa</i> . A) vaso, B) Fibra.....	46
Figura 7. Características microscópicas de <i>Cynophalla flexuosa</i> . A) Sección tangencial, B) Sección transversal.....	47
Figura 8. Sección trasnversal a nivel macroscópico de <i>Loxopterigyum huasango</i>	49
Figura 9. Características microscópicas de <i>Loxopterigyum huasango</i> . A) vaso, B) Fibra	49
Figura 10. Características microscópicas de <i>Loxopterigyum huasango</i> . A) Sección tangencial, B) Sección radial.....	50
Figura 11. Sección trasnversal a nivel macroscópico de <i>Vachelia macracantha</i>	52
Figura 12. Características microscópicas de <i>Vachelia macracantha</i> . A) vaso, B) Fibra.....	52
Figura 13. Características microscópicas de <i>Vachelia macracantha</i> . A) Sección tangencial, B) Sección radial.....	53
Figura 14. Sección transversal a nivel macroscópico de <i>Cordia lutea</i> Lam.	55
Figura 15. Características microscópicas de <i>Cordia lutea</i> Lam. A) vaso, B) Fibra	55
Figura 16. Características microscópicas de <i>Cordia lutea</i> Lam. A) Sección tangencial, B) Sección radial.....	56

Figura 17. Vista macroscópica de carbón de <i>Capparis scabrida</i>	57
Figura 18. Vista macroscópica de carbón de <i>Cynophalla flexuosa</i>	57
Figura 19. Vista macroscópica de carbón de <i>Loxopterigyum huasango</i>	58
Figura 20. Vista macroscópica de carbón de <i>Vachelia macracantha</i>	59
Figura 21. Vista macroscópica de carbón de <i>Cordia lutea</i>	59

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la estructura anatómica de la madera y carbón de cinco especies forestales como: sapote (*Capparis scabrida* H.B.K), faique (*Vachelia macracantha* H&B), hualtaco (*Loxopterigyum huasango.*), overo (*Cordia lutea* Lam.), sune (*Cynophalla flexuosa* H.B.K.). La metodología consistió en la colecta de muestras de madera de especies provenientes de los bosques secos del norte del Perú, el estudio anatómico de la madera se basó en la Norma IBAMA, para evaluar las características generales y organolépticas se emplearon rodajas de 10 cm de espesor para describir albura, duramen, anillos de crecimiento, grano, textura, brillo, veteado olor y sabor; las características macroscópicas se evaluaron en muestras de 2x10x15 cm y para la descripción microscópica se emplearon láminas histológicas y tejido macerado. Los principales resultados obtenidos indican que *Capparis scabrida*, *Cynophalla flexuosa*, *Loxopterigyum huasango*, *Vachelia macracantha* y *Cordia lutea* presentaron colores de madera seca al aire libre como amarillo, blanco arenoso, pardo grisáceo, amarillo cremoso y amarillo, respectivamente; además, en promedio la distancia tangencial de los poros de las 5 especies estudiadas fue de 50 884,00 μm a 203 810,76 μm , el número de poros por mm^2 varió de 18,76 a 14,840, la longitud de los elementos vasculares de 29520,84 μm a 109241,84 μm , la altura y ancho del radio entre 12040 a 24480 μm y 2200 a 4880 μm respectivamente, la longitud de las fibras estuvo comprendida de 129 520,84 a 579 231,24 μm y el diámetro total de las fibras varió de 11 563,80 a 22 874,72 μm , respectivamente.

Palabras clave: Anatomía de la madera, bosque seco, microscopía.

ABSTRACT

The objective of this research was the anatomical structure of the wood and charcoal of five forest species: sapote (*Capparis scabrida* H.B.K), faique (*Vachelia macracantha* H&B), hualtaco (*Loxopterigyum huasango.*), overo (*Cordia lutea* Lam.), sune (*Cynophalla flexuosa* (L.) J.Presl. The methodology was based on the collection of wood samples of the species included in the study from the dry forests of northern Peru, the anatomical study of the wood was based on the IBAMA Standard, to evaluate the general and organoleptic characteristics were used slices of 10 cm thick to describe sapwood, heartwood, growth rings, grain, texture, brightness, grain, odor and flavor; macroscopic characteristics were evaluated in 2x10x15 cm samples and histological slides and macerated tissue were used for microscopic description. The main results obtained indicate that *Capparis scabrida*, *Cynophalla flexuosa*, *Loxopterigyum huasango*, *Vachelia macracantha* and *Cordia lutea* presented similar air-dried wood colors as yellow, sandy white, grayish brown, creamy yellow and yellow respectively; moreover, on average the tangential distance of the pores of the 5 species studied varies from 50 884,00 μm to 203 810,76 μm , the number of pores per mm^2 varies from 18,76 to 14,840, the length of vascular elements varies from 29520,84 μm to 109 241,84 μm , the height and width of radius varies from 12 040 to 24480 μm and 2200 to 4880 μm respectively, the length of fibers varies from 129 520,84 to 579 231,24 μm , the total diameter of fibers varies from 11 563,80 to 22 874,72 μm .

Keywords: Wood anatomy, dry forest, microscopy.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los productos forestales no maderables (PFNM) se han venido manejando desde hace tiempo, parten del saber de localidades como expresión de las raíces a las costumbres que influyen en la calidad de vida Hernández et al. (2023, p. 2). Dentro de los PFNM, se tiene al carbón vegetal que es un producto con alto valor comercial debido a su función combustible que cumple, además el carbón vegetal desempeña un papel vital en la estructura energética de países en Latinoamérica, en esta dinámica también se insertan los principales productores a nivel global como, países de África, India, Japón y China (Castellanos-Potenciano, et al. 2021, p. 56).

El carbón vegetal es un biocombustible que se produce como consecuencia de una combustión incompleta de la madera, por medio de un proceso de pirolisis Hernández-Hernández, et al. (2020, p. 34). El carbón es un mejor combustible, ya que presenta la gran ventaja frente a la madera (como la leña o las astillas), debido a que no es atacado por microorganismos al ser un material prácticamente inerte (Barbaran, 2019, p. 18).

La anatomía de la madera influye de manera directa en las propiedades físicas y mecánicas del carbón vegetal, ya que las características celulares del leño determinan el rendimiento, la densidad y la resistencia del producto final. Variables como la densidad básica, el grosor de la pared de las fibras, la longitud de fibras, el diámetro de los vasos y la proporción de parénquima están estrechamente relacionadas con la densidad aparente, la porosidad y la resistencia del carbón. Investigaciones en maderas tropicales brasileñas han demostrado que especies de alta densidad generan carbones más densos y resistentes, mientras que maderas con gran diámetro de lumen y alta frecuencia de vasos producen carbones más porosos y menos cohesivos, lo que reduce su calidad para aplicaciones energéticas o metalúrgicas (Trugilho, et al. 2015; Silva, et al., 2022).

Durante la carbonización, la madera sufre contracciones anisotrópicas más pronunciadas en dirección tangencial que radial y una reducción en el diámetro tangencial de los vasos, lo que modifica su estructura aunque mantiene legibles los rasgos anatómicos principales. Este hecho permite identificar especies incluso en estado carbonizado, lo cual es útil para el control de trazabilidad de origen y para estudios arqueobotánicos (Gonçalves et

al., 2012). Asimismo, la composición química del leño, en particular el contenido de lignina y celulosa, interactúa con la anatomía para determinar el contenido de carbono fijo, la estabilidad térmica y la cantidad de volátiles liberados, factores clave para la calidad energética del carbón vegetal (Li et al. 2022).

Por lo tanto, comprender la relación entre anatomía de la madera y propiedades del carbón es fundamental para seleccionar especies adecuadas, optimizar el diseño de hornos y mejorar la eficiencia del proceso de carbonización, contribuyendo así a una producción más sostenible y de mayor valor agregado.

En el Perú y en otros países de Latinoamérica la forma de producción y distribución de carbón vegetal es muy peculiar, ya que no hay patrones definidos para su elaboración y consumo. Hay varias formas o técnicas para su producción y la forma como se realiza el comercio y se distribuye se encuentra dentro en la informalidad, desde su primera venta, hasta su uso final Morales et al. (2018, p. 29). Sin embargo, hay aspectos que aún no se tiene en cuenta para su producción como la parte anatómica de las especies empleadas para la producción de carbón, ya que el rendimiento del carbón puede variar según las características anatómicas de la madera.

En el Perú, se emplean diferentes especies para la obtención de carbón vegetal, en la costa norte peruana el algarrobo *Prosopis pallida*, es la principal especie utilizada por sus buenas propiedades para la fabricación de este insumo utilizando productos del raleo o poda, así como el aprovechamiento de árboles defectuosos o sobre maduros.

En la última década los bosques secos del norte han sido los principales productores de carbón vegetal en el Perú, abasteciendo mayormente con carbón de algarrobo *Prosopis pallida*, especie en veda desde 1974, cuya extracción mayormente se realiza de manera ilegal. Sin embargo, a partir del año 2012, Ucayali incremento su producción de carbón a consecuencia del mayor aprovechamiento de los residuos generados en los aserraderos, principalmente de especies duras como *Dipteryx odorata*, *Calycophyllum spruceanum*, *Copaifera officinalis* DGFFS (2014, p. 51).

Mientras que el consumo doméstico de carbón vegetal disminuye el consumo industrial aumenta, siendo las pollerías las principales consumidoras las cuales incrementan

el volumen motivadas por el “boom gastronómico” acompañado por el crecimiento poblacional, reflejado en los 10 millones de habitantes en Lima (INEI 2016, p. 18). En cuanto a principales fuentes de carbón el 49 por ciento procede de la selva amazónica, 48 por ciento de los bosques secos del norte (Piura, Lambayeque y Tumbes) y 3 por ciento de otras regiones, siendo el 96,7 % del carbón producido en Ucayali destinado a los principales mercados de Lima Bennett et al. (2013, p. 35).

El carbón vegetal constituye una fuente energética tradicional de gran relevancia en numerosas regiones rurales del Perú, así como un insumo fundamental para diversas actividades comerciales e industriales donde se requiere calor sólido. Esta actividad artesanal genera ingresos para comunidades campesinas, pero al mismo tiempo plantea desafíos ambientales, sociales y de salud debido a métodos de producción poco eficientes y a la presión sobre los bosques naturales (Batalla et al. 2010; SERFOR, 2024). Por ejemplo, estudios recientes han estimado que el rendimiento promedio de carbón vegetal producido a partir de madera rolliza de algarrobo (*Neltuma pallida*) en la costa norte (Piura, Lambayeque, Tumbes) fluctúa entre 28.9 % y 40 %, dependiendo del tipo de horno artesanal utilizado y de la calidad de la madera (SERFOR, 2024).

A pesar de su importancia socioeconómica, existen brechas considerables en el conocimiento técnico actualizado sobre los aspectos clave de la cadena de producción: rendimiento real de los hornos artesanales, características del carbón producido, volumen comercializado, trazabilidad, impactos ambientales y salud ocupacional, así como la dinámica de mercado (facilidad de acceso, precios, transporte). Además, la producción de carbón vegetal ha mostrado una tendencia decreciente en algunos departamentos de la costa norte en los últimos años, lo que sugiere una crisis en la sostenibilidad del suministro del recurso (SERFOR, 2024).

En tal sentido, la presente investigación tuvo como objetivo general Caracterizar la estructura de la madera y carbón de las especies sapote (*Capparis scabrida* H.B.K.), faique (*Vachelia macracantha* H&B), hualtaco (*Loxopterigyum huasango.*), overo (*Cordia lutea* Lam.), sune (*Cynophalla flexuosa* H.B.K.) y como objetivos específicos: a) Establecer las características macroscópicas y microscópicas de la madera de cinco especies forestales, b) Determinar macroscópicamente la forma del carbón de cinco especies forestales y c)

Identificar características cualitativas de la madera que permanecen después de un proceso de carbonización.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la investigación

Ortega-Gutiérrez et al. (2023, p. 5) evaluaron las características anatómicas y algunas propiedades físicas de la madera de brotes de *Quercus laurina* y *Quercus obtusata*, en Puebla, México. Las características anatómicas observadas coinciden con descripciones precedentes de la madera de árboles monofustales, salvo por la presencia de engrosamientos helicoidales en fibras y porosidad anular observadas en *Quercus obtusata*. Respecto a las propiedades físicas, se registraron valores inferiores a los obtenidos por otros autores. Es conveniente evaluar a profundidad las características tecnológicas de la madera resultante de otras especies del género *Quercus* que provengan de tratamientos silvícolas con el método de monte bajo.

Protti et al. (2022, p. 2) realizaron un estudio para describir la anatomía del xilema secundario y del carbón de *Anadenanthera colubrina* var. *colubrina*. Los ejemplares fueron recolectados en el Parque Urquiza de la ciudad de Paraná, Entre Ríos, Argentina. Los cortes de la xilema secundario se realizaron utilizando un micrótopo rotatorio manual y los carbones se obtuvieron utilizando una mufla a 400° C durante 40 minutos. Se realizó una descripción detallada de la madera y el carbón de *Anadenanthera colubrina* var. *colubrina* utilizando microscopio óptico de luz clara y luz polarizada, y microscopio electrónico de barrido. Los resultados indican las siguientes características diagnósticas: anillos de crecimiento levemente distinguibles, porosidad difusa; vasos mayormente solitarios, múltiples radiales de 2-4 elementos y agrupados, placas de perforación simples, punteaduras intervasculares alternas y ornadas; parénquima axial paratraqueal, vasicéntrico y confluyente, cristales prismáticos en cámaras del parénquima axial, radios seriados de 1-4 células de ancho, homocelulares formados exclusivamente por células procumbentes. Estas descripciones detalladas facilitarán la identificación de *Anadenanthera colubrina* en contextos arqueológicos y paleontológicos.

Stange et al. (2023, p. 3) en su estudio caracterizaron anatómicamente la madera carbonizada de las especies *Nectandra megapotamica*, *Ocotea indecora*, *Ocotea diospyrifolia*, *Ocotea puberula*, *Balfourodendron riedelianum*, *Chrysophyllum*

marginatum y *Zanthoxylum rhoifolium*, nativas de las áreas del Bosque de Araucaria. Las muestras fueron colectadas en la región del Planalto Catarinense. Se extrajeron tres discos de tres árboles de cada especie, seleccionados al azar. Todos los discos se seccionaron para obtener muestras cercanas a las diferentes posiciones del tronco (cerca de la corteza, intermedia y cerca de la médula), las cuales se carbonizaron durante 392 minutos en un horno de mufla en régimen de rampa y temperatura máxima de 450° C. Después de la carbonización, no hubo una degradación significativa de la estructura anatómica y la disposición de las células, lo que permitió caracterizar e identificar las especies en comparación con las referencias de descripción de la madera. La posición de las muestras en el tronco no influyó en las características anatómicas, lo que permitió la identificación de especies. La madera de la familia Lauraceae presentó mayor diámetro de vasos y menor frecuencia de vasos en comparación con las muestras de las familias Rutaceae y Sapotaceae. La agrupación de vasos, el ancho y la frecuencia de los radios podrían discriminar a *Chrysophyllum marginatum* de las otras especies evaluadas. Los resultados obtenidos contribuyen a una base de datos de carbón vegetal de especies del Bosque de Araucaria que se puede consultar para aplicaciones prácticas en la supervisión forestal.

Zhumi (2022, p5) en su estudio describió anatómicamente la madera de tres especies forestales procedentes del cantón Chunchi provincia de Chimborazo. Para la identificación dendrológica se utilizó especímenes encontrados en el herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Para determinar las características organolépticas emplearon probetas de 2 cm de grosor x 9 cm de ancho x 15 cm largo, mismas que fueron observadas características de color, olor, sabor, veteado, grano, textura y brillo de las muestras. Para la determinación de las características anatómicas se obtuvieron cubos de 2 x 2 x 2 cm, mismas que pasaron por un proceso de ablandamiento en un Autoclave, colocando frascos de vidrio con agua destilada y cubiertos con papel aluminio en ciclos de 20 minutos aproximadamente a 127° C y 1,48 atm de presión, luego realizaron los cortes histológicos con la ayuda de una gubia de 0,5 mm obteniendo muestras de 0,3 micras. Luego se procedió al proceso de tinturado de las muestras donde se utilizó safranina, astra blue y la combinación de las dos en una proporción 1:1, realizando repeticiones para cada especie de 10, 15 y 20 segundos respectivamente, una vez montadas las placas se logró identificar todas las estructuras anatómicas en los tres cortes. Se concluye que las tres especies en estudio pertenecen a

diferentes familias y se recomendó realizar estudios en relación a los aromas que presenta la especie de *Myrcianthes rhopaloides* (Kunth) conocido vulgarmente como arrayán.

Soria (2022, p. 4) en su estudio realizó la caracterización dendrológica y anatómica de cuatro especies forestales, procedentes del cantón Santo Domingo Parroquia Alluriquín sector el Pilatón. Para determinar las características macroscópicas se dimensionaron las muestras a 6 x 12 x 2 cm, en las que se identificó y observó características como el olor, sabor, brillo, veteado, textura, grano. Para las microscópicas se obtuvieron cubos de 2 x 2 cm de arista, estos se sometieron a un proceso de ablandamiento en la autoclave a una temperatura de 121° C, a una presión de 1,1 atm, con diferente número de ciclos debido a la dureza de la madera de cada especie. En el micrótopo se realizó cortes histológicos de la parte transversal, longitudinal y radial con un espesor de 0,3 micras. Estos se tinturaron con safranina, astra blue y una combinación de safranina/Astra blue (50/50 %). Fue Astra blue en un período de tiempo de diez segundos quien permitió contar la mayor cantidad de poros. La cantidad de poros que se registró en cada especie no presentan diferencias significativas, por lo tanto, cada madera presentó características anatómicas distintas. Las características organolépticas de las especies estudiadas son diferentes, solo tres de las cuatro especies presentaron características similares, la única diferencia es que varían en el color de la albura-duramen, olor, brillo, textura el veteado. Respecto al sabor y grano tres especies presentaron características iguales, solo *Myrcia fallax* presentó un sabor dulce.

Portal-Cahuana (2022, p. 2) en su estudio describió la anatomía de cuatro especies comerciales de la región Amazónica de Madre de Dios en el sur oriente del Perú. Métodos: Para ello se utilizaron muestras de madera de un árbol por especies (*Guazuma crinita*, *Copaifera officinalis*, *Cordia alliodora* y *Calophyllum brasiliense*) y se siguieron las normas internacionales para describir las características generales y macroscópicas de las especies. Los principales resultados muestran que las cuatro especies se diferencian principalmente a nivel macroscópico por el parénquima axial, característica importante en el proceso de identificación y por características peculiares de cada especie como canales axiales en disposición tangencial para el caso de *Copaifera officinalis*. Como conclusión, se pudo identificar a nivel anatómico macroscópico las maderas de las cuatro especies arbóreas de la región de Madre de Dios elaborando una clave de identificación con registros fotográficos.

Amaya et al. (2021, p. 10) en su estudio determinaron los usos potenciales para la madera de Tachuelo (*Zanthoxylum rhoifolium* Lam.), a partir de características anatómicas y propiedades físico-mecánicas de su madera. Las características anatómicas se evaluaron macro y microscópicamente en los tres planos de estudio obteniendo una relación importante con las propiedades mecánicas, adicionalmente las propiedades físico– mecánicas fueron evaluadas mediante las normas de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT) y norma técnica colombiana (NTC), obteniendo resultados ajustados al 12 % de contenido de humedad; su análisis estadístico se realizó con base en la media aritmética y la desviación estándar. Los resultados de las características anatómicas revelan la presencia de poros pequeños a medios, con alta frecuencia (hasta 28 poros/mm²), radios en serie triseriados, fibras septadas y delgadas con grosor de 2,9 µm; las propiedades físicas revelan una densidad básica presenta un valor de 0,67 g/cm³ clasificada como pesada, un coeficiente de estabilidad dimensional de 1,65 categorizada como madera normal y una contracción volumétrica total de 13,5 % categorizada como moderada; las propiedades mecánicas la compresión paralela presentó una resistencia de 380.23 kg/cm² clasificada como media, la compresión perpendicular con un valor de 149,36 kg/cm² categorizada como baja y cizallamiento con 146,78 kg/cm². Se determinó que los usos potenciales de la madera de Tachuelo se concentran alrededor de la elaboración de estructuras como vigas, durmientes, columnas, pisos, puertas, mangos de herramientas y tableros.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Descripción de *Capparis scabrida* H.B.K. (Sapote)

Nombre científico: *Capparis scabrida* H.B.K.

Nombre común: sapote o zapote (Perú)

Sinónimos: *Capparis angulata* R&P; *Colicodendron scabridum* (Kunth) Parecer.

Según el sistema de clasificación taxonómica de especies Tropicos que sigue el APG IV del año 2016 clasifica a esta especie en:

División: Magnoliophyta

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Nuevo ex Takht.

Superorden: Rosanae Takht.

Orden: Brassicales Bromhead

Familia: Capparaceae Juss.

Género: *Capparis* L.

Características macroscópicas: Chavesta (2005, p. 63) afirma que, a nivel macroscópico y en condición húmeda y seca al aire, no existe diferenciación entre albura y duramen, de color amarillo. Anillos de crecimiento muy poco diferenciados. La madera presenta contenidos de goma y un olor característico desagradable en madera fresca que se va perdiendo a medida que la madera se seca. La madera tiene grano entrecruzado, textura fina y brillo medio. Veteado en arcos superpuestos y jaspeado, causado por el parénquima longitudinal y los radios.

Características microscópicas: Tiene una porosidad difusa, predominantemente solitarios de forma redonda y escasos múltiples radiales de dos poros. Diámetro tangencial promedio de 77 μm , clasificado como pequeños. Platinas de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas de forma ovalada y apertura extendida de forma alargada. Presencia de gomas que se concentran en la corteza interna; así como cerca a los canales traumáticos ubicados en líneas tangenciales. Parénquima en bandas con más de 3 células de ancho y paratraqueal vasicentrico; en sección longitudinal estratificado; septado, con dos septas por célula. Presencia de cristales de forma romboide. Radios poco contrastados en sección radial. Homogéneos, algunos radios fusionados, no estratificados, sus fibras libriformes, longitud promedio de 365 μm , clasificados como muy cortas (Chavesta, 2005, p. 18).

Distribución: El sapote es una especie originaria de la región tropical de América, principalmente de la costa norte peruana y sur del Ecuador. En el Perú, su área de dispersión está circunscrita a las zonas costeras de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad (Salazar, 2014, p. 24).

Usos: Es muy utilizada en artesanía y para la fabricación de enseres domésticos (platos, cucharas, tenedores, cucharones, maceteros, hormas de zapatos, adornos de sala, muebles, etc. y carpintería en general (Llerena, 1983).

Propagación: Este se propaga sin ninguna dificultad mediante semillas, llegando así a conservar una viabilidad de 3 a 8 años, el número de semillas que se puede obtener por fruto varía entre 50 y 100, estas presentan un porcentaje de germinación sobre el 65%, existen varios métodos mediante el cual se puede hacer la propagación de esta especie una de estas es la dispersión de las semillas en bosque es principalmente mediante el ganado, también el sembrado directamente en bolsas conteniendo un sustrato previamente preparado y el trasplante a raíz desnuda en suelo definitivo (Moscol, 2018).

2.2.2. Descripción de *Loxopterigyum huasango* (hualtaco)

Características macroscópicas: Chavesta (2005, p. 61) afirma que, a nivel macroscópico, presenta: Albura color amarillo claro, duramen castaño amarillento, es de grano recto con tendencia a entrecruzado, su textura es fina, tiene brillo medio, vetado líneas verticales y arcos superpuestos muy pronunciados, olor aromático, poros visibles con lupa de 10x; predominantemente solitarios de forma oval y menor proporción múltiples radiales de 2 o 3 poros, parénquima visible con lupa de 10x; del tipo para traqueal vasicentrico.

Características microscópicas: Chavesta (2005, p. 67) menciona que, a nivel microscópico menciona que los elementos vasculares son medianos, con una longitud promedio 451 μm , 122 μm de diámetro tangencial promedio y 9 mm^2 en promedio. La platina de perforación es inclinada y del tipo simple, presentando punteado intervascular alterno, con puntuaciones de forma poligonal alargada y extendida. Los radios son heterogéneos del tipo II, uniseriados y multiseriados. En el caso de los radios multiseriados hay presencia de canales gomíferos trasversales, con promedio de 300 μm .

Según el sistema de clasificación taxonómica de especies Tropicos que sigue el APG IV del año 2016 clasifica a esta especie en:

División: Magnoliophyta

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Superorden: Rosanae Takht.

Order: Sapindales Juss. ex Bercht. & J. Presl

Familia: Anacardiaceae R. Br.

Género: *Loxopterygium* Hook. f.

Especie: *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl.

Distribución: *Loxopterygium huasango* es un árbol decíduo del bosque seco tropical que crece en parches en áreas ampliamente no vegetadas del litoral sureste de Ecuador (principalmente en la Península de Santa Elena) y noreste del Perú (Agrawal, 1996). Tiene lugar en altitudes entre 900 a 1100 m (Spannl et al. 2016, p. 32).

Usos: la madera del hualtaco es muy resistente al contacto con el suelo y es usado en la construcción de cercos que pueden resistir a la humedad por varias décadas. En la construcción de viviendas su madera se la usa como postes, vigas, astillas para las paredes y también se usan como leña. En la medicina su resina o goma es usada para frotaciones reumáticas, como repelente y anestésico para extraer dientes (Orrala, 2017, p. 45).

Propagación: Esta especie tiene dos métodos de propagación, la propagación sexual o también conocida como propagación por semillas, la cual aporta diversidad genética a la población, ya que favorece a los nuevos individuos forestales para su adaptación futura a condiciones ambientales cambiantes; y la propagación asexual, la cual es un proceso inducido por el hombre aplicando técnicas artificiales, como el caso de injertos, usando estacas, hojas, acodos y esquejes (Orrala, 2017).

2.2.3. Descripción de *Vachelia macracantha* H & B. (Faique)

Características macroscópicas: Tamayo (2008, p. 32) menciona que, a nivel macroscópico sus anillos de crecimiento son visibles, aunque no muy claramente, corteza lisa, grano oblicuo, textura media, transición entre albura y duramen cambia abruptamente, color de albura castaño muy pálido, color de duramen castaño oliva claro, brillo opaco olor desagradable y sabor amargo.

Características microscópicas: Tamayo (2008, p. 43) describe que, a nivel microscópico tiene una porosidad difusa, poros agrupados y otros solitarios, los vasos tienen placa de perforación simple y sus paredes con punteaduras alternas poligonales. Además, algunos poros se encuentran obstruidos por gomas y algunos cristales en forma de hexágonos; tiene parénquima axial paratraqueal vasicentrico, aliforme, confluyente con más de 3 filas de células. Parénquima radial de diferente tamaño con una a cinco filas de células, siempre homocelulares de células procumbentes y cuya terminación del radio en una sola célula. Numero promedio de 3 radios/mm, con una altura promedio de 428,77 μm ; fibras libriformes con algunos cristales prismáticos en forma de hexágonos a lo largo de la misma con un tamaño de 14,00 a 109,20 μm , longitud promedio de fibra 1676,66 μm , diámetro promedio 26,05 μm , diámetro promedio de lumen 20,57 μm .

Según el sistema de clasificación taxonómica de especies Tropicos que sigue el APG IV del año 2016 clasifica a esta especie en:

División: Magnoliophyta

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Nuevo ex Takht.

Superorden: Rosanae Takht.

Orden: Fabales Bromhead

Familia: Fabaceae Lindl.

Género: *Vachelia*

Distribución: Romero (2018, p. 46) refiere que, en Perú se distribuye por valles interandinos secos como Cajamarca, Cusco, Arequipa y La Libertad, por la costa de Lambayeque, Lima y en el Ecuador es muy común. Algunos estudios realizados como América Central mostraron la importancia de la biomasa de las leguminosas arbóreas.

Usos: *Vachelia macracantha* Willd es muy utilizada en la conservación y mejoramiento de áreas degradadas. En parques se utiliza como planta ornamental. Las flores se toman en infusión para tratar afecciones hepáticas, cardíacas y en lavados para tratar heridas. Las flores son apreciadas por los insectos por la presencia de néctar y polen. Las hojas, flores y frutos sirven de alimento para el ganado caprino y vacuno, además sirve como abono natural, su gran follaje produce sombra. La madera es utilizada para leña, carbón de alto valor calorífico, postes y para fabricar parquetes. Es una especie excelente para sistemas agroforestales (Narváez, 2020, p. 52).

Propagación: Se da mediante el método de germinación, en el cual la semilla pasa de un estado de latencia a uno de crecimiento activo, culminando con la emergencia de la radícula mediante la cubierta embrionaria (Mejia Mejia, 2024). Este está influenciado por factores ambientales, como la luz, el agua, el oxígeno y la temperatura, cuyos requerimientos pueden variar según las necesidades específicas de cada especie (Caroca et al., 2016).

2.2.4. Descripción de *Cordia lutea* Lam. (overo)

Descripción botánica: es considerada como un arbusto o a veces como árbol, caducifolio, de hasta 5 m de altura 12 cm de diámetro, con abundantes ramas; cuando es árbol, con copa globosa, y cuando es arbusto, la copa bien extendida. Hojas simples, alternas, sin estipula, sub-redonda, aovado-elíptica, ligeramente crenado, ápice redondo y base obtusa, de consistencia cactácea, pubescentes, en el envés con pelos cerosos e hirsutos, flores en inflorescencia panícula, bisexuales, pentámeras, cáliz tubular y corola campánular, ovario superior. Fruto baya, de color blanquecino, globoso, con 2 semillas, mesocarpo gomoso, semillas duras y leñosas. Sistema radicular profundo (Algarrobo, 1997, p. 62).

Según el sistema de clasificación taxonómica de especies Tropicos que sigue el APG IV del año 2016 clasifica a esta especie en:

División: Magnoliophyta

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Nuevo ex Takht.

Superorden: Rosanae Takht.

Orden: Brassicales Bromhead

Familia: Capparaceae Juss.

Género: *Capparis* L.

Distribución: especie originaria de América tropical, islas Galápagos, Ecuador, Perú y las islas Marquesas en Polinesia. Crece entre los 0 a 1500 m de altitud en zonas de clima cálido; en el Perú se encuentra en la costa norte, valles interandinos y la selva, en zonas templadas del norte, centro y sur. Los estudios refieren que *Cordia lutea* L. se distribuye entre Perú y Ecuador. El pH del suelo varía entre ligeramente ácido a ligeramente alcalino, en una textura de arena y franco-arenosa (Mendocilla-Risco et al., 2018, p. 48).

Usos: Utilizada como cerco vivo; las ramas derechas para palos de escoba y para construir paneles estructurales en la construcción rural, puntales; la madera para hacer barriles, leña; los frutos, semillas y hojas como forraje; la flor se usa como infusión para afecciones hepáticas (Algarrobi, 2017, p. 34).

Propagación: Esta especie para su propagación hace uso del método de propagación por estacas, este consiste en una técnica de multiplicación vegetativa, en la que se utilizan fragmentos de una planta ejemplar que, bajo condiciones adecuadas, tienen el potencial de dar origen a nuevas plantas genética y morfológicamente idénticas a la progenitora, esto es posible debido a que cada célula meristemática tiene la capacidad de

dividirse y formar nuevos tejidos u órganos, denominada totipotencia celular (Romero, 2024).

2.2.5. *Descripción de Cynophalla flexuosa (L.) J.Presl.(sune)*

Descripción botánica: Árbol pequeño, de fuste delgado, de hasta 4,5 m de altura, hojas simples, alternas, sin estipulas, elíptico-lanceolado o lanceolado-falcado, consistencia coriácea, envés con pubescencia fina e inconspicua. Flores en inflorescencia corimbo, bisexuales, tetrámeras, corola de color anaranjado- rojiza, gineceo en gineforo largo. Fruto de tipo silicua, de color rojo sangre negruzca, semi-espinalado, dehiscente, de 4 a 8 semillas. Semilla arriñonada, con tegumento delgado. Embrión curvo (Algarrobo, 1997, p. 14).

Según el sistema de clasificación taxonómica de especies Tropicos que sigue el APG IV del año 2016 clasifica a esta especie en:

División: Magnoliophyta

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Superorden: Rosanae Takht.

Orden: Brassicales Bromhead

Familia: Capparaceae Juss.

Genero: Capparid L.

Sinónimos: *Capparis lanceolata* Ruiz & Pav. ex DC.

Distribución: Se desconoce específicamente la distribución de la especie; sin embargo, los reportes indican que la especie se encontró en Ecuador específicamente en Manabí y en Perú en los departamentos de Cuzco, Amazonas y Cajamarca.

Usos: Forrajero: Las hojas y frutos sirven de alimento para el ganado caprino y vacuno en épocas secas. Leña y carbón: Madera dura, utilizada en la producción de carbón

vegetal. Ornamental: Sus flores vistosas hacen que se use como planta de jardín en algunas zonas. Ecológico: Actúa como especie de restauración en bosques secos degradados, tolerante a sequía (Pennington et al. 2009, p. 45).

Propagación: Propagación sexual (semillas): Las semillas presentan latencia física por la dureza del tegumento, lo que retrasa la germinación (Cornejo & Pennington, 2009). Para mejorarla, se recomienda aplicar tratamientos pregerminativos como escarificación mecánica o térmica, así como la inmersión en agua caliente durante 24 horas (Mostacero et al., 2009). La germinación es epígea, y suele alcanzar entre un 40–60% de éxito bajo condiciones controladas, siempre que se rompa la latencia (Vásquez et al., 2012).

Propagación vegetativa: Es posible establecer individuos a partir de estacas leñosas, aunque los porcentajes de enraizamiento son bajos sin aplicación de reguladores de crecimiento. El uso de ácido indolbutírico (AIB) mejora la emisión de raíces, lo que sugiere que podría ser un método viable en programas de restauración (Pérez & Varela, 2015).

2.2.6. Madera

La madera se define como la parte sólida de los árboles, encontrando su parte más sólida debajo de la corteza del árbol. Se utilizan para fabricar una variedad de productos de utilidad como las mesas, sillas, camas, muebles y en tecnología sirve para realizar muchos proyectos. Es una de las materias primas más usadas por el hombre desde la antigüedad. A lo largo de los años la madera, al igual que otros materiales, ha mejorado sus técnicas y procesos de obtención, transformación y tratamiento, otorgándole más calidad de la que ofrecía en tiempos pasados (Zhumi, 2022, p. 61).

Soria (2022) define a la madera como un material biológico de origen vegetal. Que forma parte del tronco de los árboles, su función es transportar agua y sustancias nutritivas del suelo hacia las hojas. Brinda soporte a las ramas que forman la copa y fija las sustancias de reserva almacenando los productos transformados en las hojas. Así todas estas funciones determinan la estructura de la madera dada por su porosidad, la resistencia en relación con su peso y todas estas propiedades la hacen totalmente diferente a otros materiales de construcción (p. 43).

2.2.7. Carbón vegetal

Castellanos-Potenciano et al. (2021) define al carbón vegetal como un biocombustible que se produce como consecuencia de una combustión incompleta de la madera, por medio de un proceso de pirolisis, el carbón es un mejor combustible, ya que presenta la gran ventaja frente a la madera, debido a que no es atacable por microorganismos al ser un material prácticamente inerte (p. 43).

Robinson & Mantuano (2022, p15) menciona que el carbón vegetal es un producto maderable y se define como el material sólido, seco, compactado, ligero y combustible de color negro, utilizado para generar fuego; el consumo de carbón vegetal a nivel global se ha incrementado entre un 3 y 4 % de forma anual en los últimos años, este es un sólido de poca dureza, poroso, de color negro y alta fragilidad, su composición química está constituida de entre un 80 % y 98 % de carbono, y la diferencia restante de hidrogeno y oxígeno, es el producto del proceso de combustión anaeróbica de la madera, es un producto forestal que viene diversificando sus usos con grandes potencialidades.

El carbón vegetal es un combustible, sólido, frágil y poroso, con alto contenido de carbono, se produce por calentamiento de madera y residuos vegetales, hasta temperaturas entre 400 y 700 °C, en ausencia de aire, su poder calórico oscila entre 29000 y 35000 kJ/kg, su producción se realiza de forma semi artesanal, en hornos de barro denominados de media naranja, que logran un grado de carbonización entre 60 % y 65 %, también se usan hornos metálicos industriales, que tienen mayor velocidad de producción y mayor relación de conversión leña/carbón, lo que permite obtener un mayor contenido de carbono fijo, 75 % a 80 % en promedio (Perdomo Gómez et al. 2023, p. 32).

Perez Angulo, (2020, p. 18) menciona que el carbón vegetal es un combustible producto de la combustión anaeróbica de la madera, es decir una combustión sin oxígeno, solo madera expuesta a altas temperaturas durante un tiempo determinado, el carbón vegetal es un producto forestal que viene diversificando sus usos con grandes potencialidades. Es así que ahora se le puede encontrar como pigmento en la industria alimentaria, en la producción de acero debido a su baja reactividad, como purificador de aguas y en la industria medica de fármacos para tratar problemas digestivos gracias a estas nuevas

utilidades, el horizonte del carbón vegetal está tomando revuelo sobre su tradicional uso energético y se inserta cada vez más en la industria mundial.

El carbón vegetal es quizá el primer material de carbón utilizado por el hombre y su uso data probablemente desde el mismo momento en que comienza a utilizarse el fuego; dado que los trozos de madera carbonizada que quedarían en algunas hogueras pueden considerarse un carbón vegetal rudimentario, es por ello que el nivel de la calidad de vida de la población involucrada en la producción del carbón vegetal es baja y el impacto socio económico de la producción artesanal del carbón vegetal es negativo en algunas regiones del Perú (Solórzano et al. 2023, p. 42).

García y Quinto (2021) indica que el carbón es el resultado de la quema de la madera, creándose una combustión sin oxígeno, sólo madera expuesta a altas temperaturas durante un tiempo establecido. Esta reacción de incineración es llamada pirólisis, en el Perú, el uso de estos dendrocombustibles se usa principalmente para cocción de alimentos a nivel comercial y doméstico (p. 42).

Como se produce el carbón vegetal

Se necesita una enorme cantidad de energía para evaporar el agua de la madera, por lo que, se coloca el mayor tiempo posible al sol para el pre secado de este, antes de la incineración (Garcia & Quito, 2021, p. 43).

a. Etapas

Primera etapa: hasta llegar a los 170 °C, mayormente se elabora la destilación de unos cuantos aceites esenciales y la deshidratación de la madera; unido todo ello a una pequeña degradación de la madera. Hasta los 270 °C.

Segunda etapa: existe unos abundantes desprendimientos de gases como el carbono dióxido y el carbono monóxido y también líquidos acuosos.

Tercera etapa: se llegan a alcanzar temperaturas superiores a 600 °C donde ocurre la calcinación, la desunión de sustancias volátiles es máxima, y el residuo solido que resulta es el carbón vegetal.

2.2.8. *Productos forestales no maderables*

Los productos forestales no maderables son bienes de origen biológico, distintos de la madera que se extraen de los bosques y de otras áreas forestales y agroforestales; en el bosque existen recursos diferentes a los árboles que pueden ser aprovechados y constituyen parte integrante de la cultura de las personas que viven cerca de bosques nativos. La población rural, comunidades indígenas y campesinas han encontrado en estos recursos una importante fuente de alimentos, medicinas, tintes, colorantes, fibras, forrajes, artesanías, energía, aceites y materiales de construcción, en muchas de las comunidades amazónicas, estos son la única fuente de ingresos económicos para satisfacer sus necesidades básicas (Aguirre & Aguirre, 2021, p. 34).

Los productos forestales no maderables (PFNM) son importantes recursos que tiene el hombre para su desarrollo, considerados como: bienes de origen biológico distintos de la madera, procedentes de los bosques, otras áreas forestales, terrenos arboledados y de árboles situados fuera de los bosques, que se usan para generar producción y satisfacer sus necesidades (Quito et al. 2021, p. 31).

Los productos forestales no maderables se han venido manejando desde hace tiempo, parten del saber de localidades como expresión de las raíces a las costumbres que influyen en la calidad de vida; lastimosamente en todos los casos no se dispone de las estadísticas de producción y consumos de productos forestales no maderables, pero lo que sí es claro de acuerdo con investigaciones anteriores, es que tienen gran importancia para la población y el país y se venden tanto en el mercado particular, como a nivel mundial (Rojas Hernández et al. 2023, p. 16).

Los PFNM han sido aprovechados por las poblaciones humanas para su uso de subsistencia durante cientos de años y algunos han tenido un uso comercial notable, por lo que son parte de las formas de vida de las comunidades rurales en muchas partes del mundo; los productos forestales no maderables abarcan una gran cantidad de recursos que se encuentran en diversos ecosistemas naturales y de origen antrópico e incluyen semillas, flores, frutos, hojas, raíces, cortezas, látex, resinas, la fauna silvestre y hongos, o incluso leña, el carbón, la madera no aserrada y la tierra de monte (Meza et al. 2021, p. 18).

Ticllacuri-Mallqui y Schneider (2023, p. 24) menciona que los productos forestales no maderables se definen como productos derivados del bosque distintos a la madera y reciben mayor atención por parte de los hogares rurales, las comunidades científicas y los responsables de la formulación de políticas de desarrollo, estos productos incluyen semillas, frutas, hongos, raíces, hojas etc., que son utilizados como alimentos, productos medicinales, materiales de construcción, artesanías y otros usos que atienden las necesidades de subsistencia de las comunidades rurales y urbanas.

Los productos forestales no maderables provienen de una variedad de recursos de diversos ecosistemas, incluyendo aquellos que no tienen estructura forestal, así como de sistemas agroforestales e incluso huertos y jardines domésticos; sin embargo, no incluye plantaciones de árboles de una sola especie, se les ha definido de distintas formas, aunque en general existe el consenso de que el término PFNM se refiere a todos los productos biológicos, tanto especies de fauna como de flora, que se explotan con fines utilitarios, excepto la madera en rollo que suele venderse en grandes cantidades (Firdausi, 2020, p. 64).

2.2.9. Anatomía de la madera

2.2.9.1. Propiedades y características de la madera.

Las propiedades y características de las maderas dependen de muchos factores tales como: tipo y edad del árbol, condiciones de crecimiento como el terreno y el clima, etc. Como en todo material, existen muchas propiedades las cuales definen la función y uso (Cartuche, 2022, p. 52).

A. Propiedades Físicas (Cartuche, 2022, p. 52)

- Contenido de humedad.
- Densidad o peso específico.
- Densidad en verde.
- Densidad en equilibrio.
- Densidad anhidra.

- Densidad básica.
- Contracción.
- Contracción longitudinal.
- Contracción tangencial.
- Contracción radial.
- Contracción volumétrica.
- Relación tangencial-radial.

B. Propiedades organolépticas (Cartuche, 2022, p. 53)

- a. Sabor: Es de importancia dependiendo de la utilización de la madera.
- b. Olor: Algunas maderas presentan un olor típico, debido a la presencia de sustancias volátiles.
- c. Color: Representa importancia decorativa, variando desde casi blanco al negro, lo que está en directa relación con la gran diversidad de especies arbóreas existentes.
- d. Textura: Se refiere a la impresión visual producida por las dimensiones, distribución y porcentaje de los elementos estructurales en el leño.
- e. Brillo. Es la capacidad de la madera de reflejar la luz.
- f. Peso: Está dado por el contenido de humedad y resistencia mecánica de la madera. Generalmente mientras más pesadas son más resistentes.
- g. Veteado o figura: Figura que se aprecia en los cortes longitudinales y que producen las diferentes tonalidades de la madera en los anillos.
- h. Grano: Se refiere a la disposición y dirección de los elementos constituyentes del leño en relación al eje del árbol.

C. Características anatómicas

La madera es un tejido anisotrópico y ha sido descrito como un material ortotrópico produciendo material diferente en tres direcciones principales, para poder estudiarlas como tal, es necesario de un laboratorio con tecnología especializada. Estas características reflejan tal diversidad cuando se estudian floras regionales. Esta variación dependerá del origen de la especie, así como con diferencias asociadas con la latitud y la altitud, esto decir, con la precipitación y temperatura (Cartuche, 2022, p. 54).

Elementos anatómicos: Vasos o poros, Traqueidas, Parénquima (radial y axial), Fibras.

2.3. Definición de términos básicos

Poros: Los poros es un término de conveniencia para la sección transversal de un vaso o de una traqueida vascular, tomando el aspecto de pequeños agujeros, en la que se puede observar a los poros Solitarios y Múltiples (Campos, 2021, p. 35).

Traqueidas: Las traqueidas representan aproximadamente el 80 al 90 % del volumen total de la madera y cumplen una función crucial en la resistencia y conducción de sustancias (Cuno, 2024, p. 51).

Parénquima: es el tejido leñoso que tiene un color más claro que pudiendo observarse a simple vista o con lupa 10 x en el corte transversal humedecido. Así observando los tipos de parénquima: apotraquial y paratraquial en sus distintas formas (Campos, 2021, p. 46).

Corteza: - Es una parte del árbol que puede ser observada directamente y su apariencia es relativa a su habidad o la especie (Grandez y Payeza, 2022, p. 42).

Densidad básica: La densidad básica se refiere a la cantidad de material leñoso presente por unidad de volumen. Depende de: la proporción de madera temprana y tardía; el tamaño y la cantidad de traqueidas longitudinales o fibras; y el grosor de las paredes de las fibras (Cuno, 2024, p. 25).

Veteado: Diseño o dibujo producido por los elementos constitutivos del leño en las superficies longitudinales pulidas (Soria, 2022, p. 38).

Textura: Esta característica depende del tamaño de los elementos del leño y de cómo se encuentran distribuidos los mismos. Se relaciona con la cantidad de “sustancia madera” presente, ya que depende del tamaño de las células y del espesor de la pared celular. En la textura influye el diámetro tangencial de los vasos o de las traqueidas, la altura, abundancia, y ancho de los radios (Soria, 2022, p. 39).

Maderas blandas: Pertenecen generalmente a árboles de rápido crecimiento, normalmente de las coníferas, cuyos árboles con hoja de forma de aguja, fáciles de trabajar y de colores generalmente muy claros. Se utiliza principalmente como materia prima para la fabricación del papel (Zhumi, 2022, p. 21).

Maderas duras: Son las de los árboles de lento crecimiento y de hoja caduca. Generalmente suelen ser aceitosas utilizadas en muebles, construcciones resistentes, suelos de parqué, para algunas herramientas y varios usos más (Zhumi, 2022, p. 22).

Biocarbon: es un material carbonoso obtenido por pirólisis de biomasa en condiciones de baja presencia de oxígeno, caracterizado por su alta estabilidad y porosidad. A diferencia del carbón vegetal de uso energético, el biocarbón se utiliza principalmente como enmienda de suelos para mejorar la retención de agua, la disponibilidad de nutrientes y secuestrar carbono, contribuyendo a la mitigación del cambio climático (Lehmann & Joseph, 2015).

CAPÍTULO III.

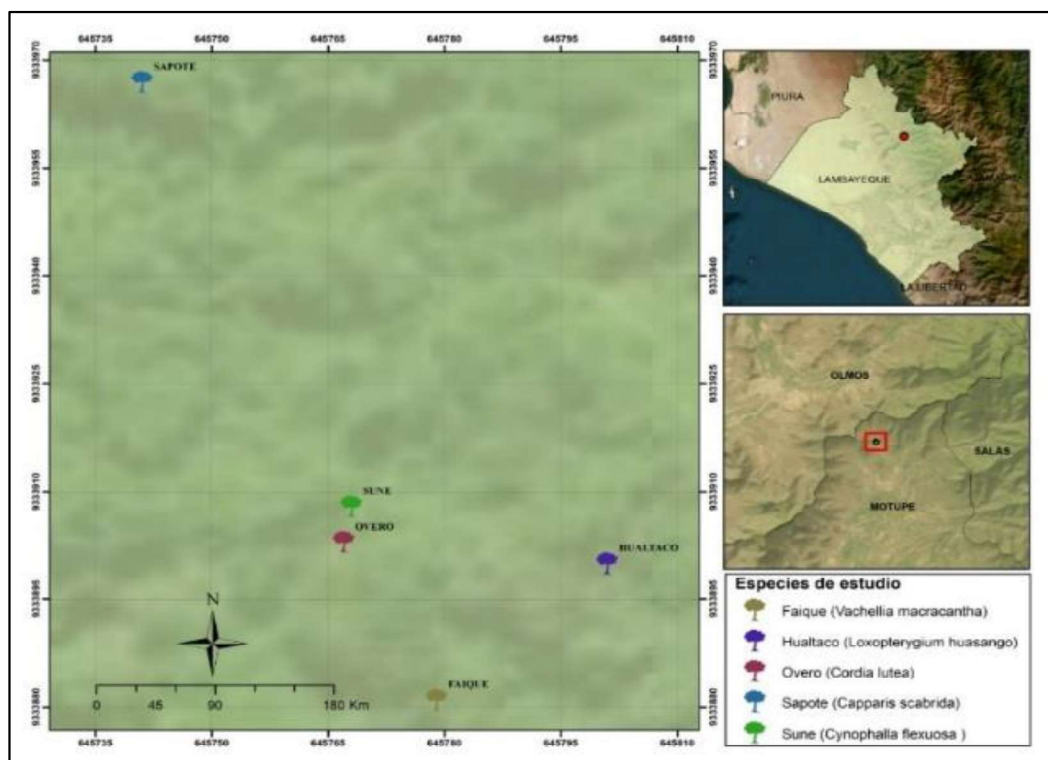
MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización

El presente trabajo de investigación se desarrolló en 2 etapas, la primera fue la recolección del material de estudio, esta etapa se llevó a cabo en el caserío de Togorrape, distrito de Motupe, provincia y departamento de Lambayeque, el ámbito de intervención del presente proyecto de investigación se encuentra a una altitud de 178 m s.n.m. promedio, presenta un clima cálido con una precipitación media anual de 151 mm siendo los meses de junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre los más bajos y los meses de diciembre, enero, febrero y marzo con mayor precipitación; con temperaturas que oscilan entre los 19 °C y 35 °C y una humedad relativa de 49 %. La segunda etapa se llevó a cabo en el Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional Agraria La Molina, donde se realizaron los análisis anatómicos a nivel macroscópico y microscópico de cada una de las especies contempladas en la investigación.

Figura 1

Mapa de ubicación del área de estudio



3.2. Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de tipo descriptivo, ya que se realizó un análisis detallado de las muestras de 5 especies para obtener información anatómica tanto a nivel macroscópico como microscópico (Cueva et al., 2021, p. 317). Por otra parte, el estudio es de diseño no experimental puesto que las investigaciones bajo este tipo de diseño analizan y estudian los hechos y fenómenos de la realidad después de su ocurrencia (Villegas, 2019, p. 45).

3.2.1. Matriz de operacionalización de variables

La matriz del trabajo de investigación consistió de una estructura que se muestra en el Anexo 1.

3.3. Población, muestra y unidad de análisis

Población: esta investigación fue infinita, estuvo constituida por todos los individuos forestales como de las especies sapote (*Capparis scabrida* H.B.K), faique (*Vachelia macracantha* H&B), hualtaco (*Loxopterigyum huasango*), overo (*Cordia lutea* Lam). y sune (*Cynophalla flexuosa* H.B.K.), de los bosques estacionalmente secos del norte del Perú.

Muestra: Las muestras fueron tomadas según recomendación establecida en la NTP 251.008:1980, según esta norma indica que para estudios de anatomía de madera es necesario emplear 1 árbol por especie de muestreo, por lo tanto, en este estudio se emplearon 5 árboles 1 por cada especie. Para la selección de las muestras se empleó un muestreo de tipo probabilístico por conveniencia ya que el investigador seleccionó los árboles a muestrear según lo que se requería para el estudio.

Unidad de análisis: se utilizaron dos tipos de unidades de análisis para el desarrollo de este estudio, para las características macroscópicas se usaron xilotecas de 2 cm x 10 cm x 15 cm y cubos de 1x1 cm debidamente orientados y una rodaja de 10 cm de espesor. Las características anatómicas se realizaron con el apoyo de una lupa 10x. Las características microscópicas se realizaron en cubitos de 1 x 1 x 1.5 cm debidamente orientados.

3.4. Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de información

Fuentes	Técnicas	Instrumentos
Primaria: porque fue obtenida por el investigador a través de la carbonización y características macroscópicas de las especies	La técnica utilizada en esta investigación fue la observación directa, ya que el investigador obtuvo la información de la muestra en estudio.	El instrumento empleado en esta investigación fue la ficha de recolección de datos, en esta ficha el investigador registró la desnidad básica de la madera y las características macroscópicas de las especies.

3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el análisis de la información se utilizaron los Softwares Microsoft Office 2016 con los paquetes Word y Excel, donde se realizó el análisis, así como las consultas estadísticas para la validación de la información.

3.6. Aspectos éticos

El desarrollo de esta investigación se hizo según el Código de Ética de Investigación de la Universidad Nacional de Cajamarca, contemplando el principio ético de cuidado al medio ambiente y el respeto a la biodiversidad, donde se establece que la investigación evita acciones lesivas a la naturaleza y a la biodiversidad, comprendiendo la integralidad del sistema de elementos bióticos, adbióticos, socioeconómicos culturales y estéticos que interactúan entre sí. Además, de la responsabilidad, rigor científico y veracidad, con lo cual se asegura la validez, fiabilidad y credibilidad de los métodos y fuentes. Por otra parte, para la colecta de material de estudio, el investigador soliticó el permiso a la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre ATFFS LAMBAYEQUE para el apeo de los árboles indicados.

3.7. Materiales y procedimiento

3.7.1. *Materiales*

Material laboratorio: Vaso de precipitación de 200 ml, placas Petri, porta objeto, Cubre objeto, crisol, mortero y pilón, astillas de madera, bisturí, pinza, pincel pelo de martha, cuchilla descartable para micrótopo, cuchilla de mano, lupa 10 X, agujas y jeringas descartables, solución de alcohol de 30°, 60° y 96°, solución de ácido nítrico al 30, 33 y 36 %, bálsamo de Canadá, agua destilada, cubos bien horientados de 1 cm de lado de la especie a preparar, agua caliente, glicerina químicamente pura, xilol, merkoglass, safranina 1 % en alcohol de 90°.

Materiales de oficina: Computadora, útiles de escritorio en general

Material de campo: Libreta de apuntes, formatos de campo, papel periódico, cinta métrica, bolsas plásticas, cordel de nylon, alcohol 96°, agua, lápices y costal de fibra plástica.

Equipos de laboratorio: Microscopio leica DM750 y cámara leica ICC50W, estereoscopio Olimpos, micrótopo de deslizamiento horizontal, afilador de cuchilla, mufla y plataforma eléctrica.

3.7.2. *Procedimiento*

A. **Colectas de muestras botánicas**

Se coleccionaron muestras botánicas de las especies forestales como sapote (*Capparis scabrida* H.B.K.), faique (*Vachelia macracantha* H&B.), hualtaco (*Loxopterigyum huasango*), overo (*Cordia lutea* Lam.) y sune (*Cynophalla flexuosa* H.B.K.), se coleccionó hojas y frutos, las cuales fueron debidamente prensadas y enviadas al herbario MOL de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, donde se realizó la identificación de cada especie.

B. **Selección y obtención de trozas de madera**

La selección de trozas se realizó en el mismo bosque. Los árboles evaluados fueron marcados con pintura y con un número correlativo; luego del tumbado, las trozas se cortaron a una longitud de 1,20 m y 0,12 m de diametro. El corte se realizó a 0,5 m del nivel del suelo. Se realizó el corte de una rodaja de 10 cm de espesor. Las trozas junto con

las rodajas fueron enviadas al laboratorio de anatomía y tecnología de la madera de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

C. Estudio anatómico de la madera

Para el estudio anatómico se utilizó la Norma IBAMA, Norma de Procedimientos em estudos de anatomia de Madeira: I. Angiospermae. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renovaveis. 1991 y la List of Microscopic Features For Hardwood Identification. IAWA. 1989, para esto el estudio anatómico se determinó en las siguientes etapas:

Características generales y organolépticas: Se emplearon rodajas de 10 cm de espesor para describir albura, duramen, anillos de crecimiento, grano textura, brillo, veteado, olor y sabor.

Descripción macroscópica: Las muestras de madera de 2x10x15 cm se emplearon para describir las siguientes características: color, visibilidad de anillos de crecimiento, olor, sabor, brillo, textura, veteado, poros, parénquima y radios. Para la determinación del color se utilizó la tabla Munsell (1970).

Descripción microscópica: Se prepararon láminas histológicas y de tejido macerado para describir, cuantificar y medir los elementos leñosos como lo indica la norma IBAMA; cuyos pasos fueron los siguientes:

Preparación de láminas histológicas: De cada especie, se prepararon tres cubitos de madera de 1x1x1.5cm. Perfectamente orientados en sus tres planos de corte y coloqué sobre un vaso de 50 ml, quedando listo para su ablandamiento.

Ablandamiento de cubos: Se ablandaron los cubos en agua caliente a temperatura de baño maría ya que se ha demostrado que se obtienen mejores cortes, cuyo tiempo de ablandamiento estuvo en función de la naturaleza de cada especie.

Corte de láminas: A través del micrótomos de deslizamiento horizontal se obtuvo láminas de 20-25 micras de espesor en las secciones transversal, radial y tangencial, los cuales fueron colocados en placas petri con alcohol de 30°.

Deshidratado: Se realizó en forma secuencial en alcoholes de 30°, 60° y 96°. En cada grado de alcohol los cortes permanecieron por un tiempo de 15 minutos, al término del cual se retiró y agregó un grado mayor de alcohol.

Coloración: Consistió en agregar cinco gotas de safranina buscando un coloreado uniforme manteniéndolo entre 15 y 20 minutos. Luego se procedió a lavar las láminas con alcohol de 90°, tantas veces como sea necesario para eliminar el exceso de colorante. Finalmente se agregó xilol para fijar el colorante.

Montaje: Los tejidos coloreados se colocaron en placas portaobjetos agregando una gota de merkoglass antes de cubrirlas con el cubreobjetos; cuyo secado fue instantáneo.

Preparación de láminas de tejido macerado: Se prepararon pequeños pedazos de maderas similares a palitos de fósforos para la obtención de fibras y vasos como se explica en los siguientes pasos:

- **Maceración:** Los palitos de madera se colocaron en un vaso pirex, luego se agregó una solución de ácido nítrico al 33 % en una cantidad hasta cubrirlas completamente, luego fueron llevados a la plataforma de la cocina eléctrica a una temperatura de 40 °C por un periodo de tiempo de 15 a 20 minutos.
- **Lavado, coloración y montaje:** El tejido se lavó con agua para eliminar el ácido, seguido se agregó alcohol de 90° asimismo tres a cuatro gotas de safranina. Luego parte del tejido macerado se colocó en una placa petri y se le 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 fueron colocados en portaobjetos, se agregó una gota de merkoglass y se cubrió con el cubreobjetos, cuyo secado fue instantáneo.

Medición de elementos xilemáticos: Se realizó veinticinco mediciones por elemento anatómico que incluyó diámetro de poros y longitud de vasos; altura y ancho de radios; diámetro, espesor y longitud de fibras. Asimismo, se determinó el número de poros por mm², número de células en ancho y altura de los radios y número de radios mm⁻¹.

Registros de imágenes: La estructura anatómica de cada especie se registró mediante la digitalización de imágenes, usando una cámara digital Canon Power Shot S50

acoplada al microscopio y conectada a una computadora utilizando el software aianfinity Analyze.

D. Metodología a nivel carbón

Con ayuda de una cuchilla se cortó parte de la sección transversal de probetas de madera de 3x3x10 cm, para poder observar las características anatómicas propias de cada especie. Parte de la superficie cortada fue marcada con un lápiz para su posterior toma de fotografías con el estereoscopio. Luego las probetas fueron codificadas y carbonizadas en una mufla del laboratorio de Transformación Química de la Madera a una temperatura máxima de 450 °C por un periodo no mayor a una hora. Las muestras carbonizadas fueron retiradas de la mufla para ser fotografiadas en el estereoscopio en las secciones marcadas con lápiz, para realizar la comparación de la madera con el carbón y evaluar a nivel macroscópico.

3.8. Presentación de la información

Los datos obtenidos en la presente investigación fueron analizados mediante estadística descriptiva, por medio de parámetros estadísticos básicos como Coeficiente de variación, promedio, desviación estándar y valores máximos y mínimos, estos datos fueron presentados mediante tablas para un fácil análisis e interpretación de los resultados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Descripción anatómica de la madera de *Capparis scabrida* H.B.K

Características generales

En condición seca al aire la albura y duramen presentaron color amarillo y no mostraron cambios en la transición entre albura y duramen. Los anillos de crecimiento fueron de visibilidad muy poco diferenciado, los límites de los anillos son diferenciados por bandas claras de forma regular. Olor y sabor no distintivos, grano entrecruzado, textura fina con poros de diámetros menor de 100 μm y con parénquimas no visibles a simple vista, resistencia de la madera al ser cortada por cuchilla con presión manual se clasificó en moderadamente dura, brillo medio y veteado en arcos superpuestos (Tripticamente tangencial).

Descripción macroscópica

Poros: visible a simple vista, los poros fueron difusos, con un arreglo radial y/o diagonal, la concentración de los poros no cambia, la agrupación es de tipo solitaria (90 % o más) predominantemente múltiples radiales, en la sección transversal los poros fueron de forma ovalada. El tamaño promedio del diámetro tangencial es 203,11 μm lo cual se caracteriza como medianos y son ligeramente visibles a simple vista.

Parénquima: visible a simple vista, la distribución del parénquima fue paratraqueal vasicéntrico, aliforme confluyente con tendencia a bandas.

Radios: visible con lupa de 10x, de ancho mediano, se encuentra 5 radios por mm lineal lo cual se clasificó como pocos, la distribución de los radios fue no estratificado, presentó líneas vasculares rectilíneas. El reflejo de los radios en plano radial fue contrastado.

Descripción microscópica

Poros/elementos vasculares: poros de tamaño de diámetro tangencial promedio de 203.11 μm con lo cual se clasificaron como grandes. La longitud de los elementos vasculares en promedio fue grande con 499.68 μm . Platinas de perforación poco inclinadas, con tipo de perforación simple. Punteado intervascular alterno con punteaduras dispuestas en hileras diagonales, la forma de las punteaduras fue redondeada pequeña entre 4 a 7 μm , de apertura con disposición incluida y de forma lenticular

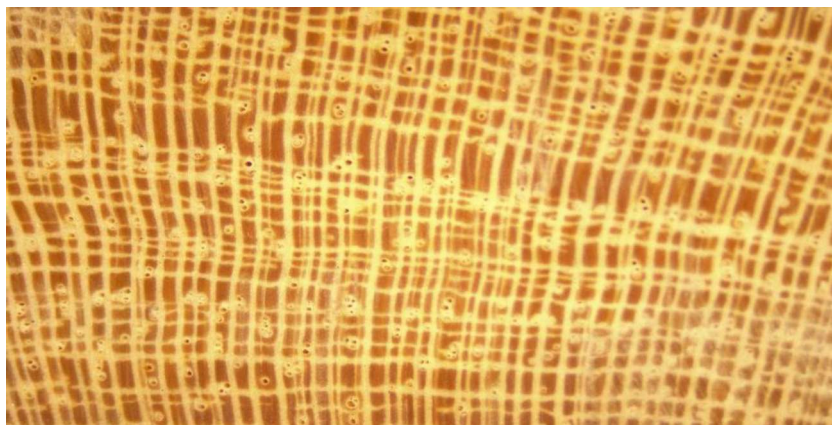
Parénquima: parénquima paratraqueal asociado a los vasos, en las bandas se encontró con más de 3 células de ancho, en corte longitudinal la disposición de los elementos fue estratificado de forma septado.

Radios: En sección tangencial la altura promedio fue de 24,88 μm , el ancho promedio fue de 4,88 μm . La relación entre los radios es agregada. Los radios a simple vista u observados con lentes de 10x dan la impresión de ser un solo radio de bastante anchura, pero en realidad están separados por hileras de fibras o parénquimas. En corte radial y tangencial la composición celular es de tipo homocelular formado por células procumbentes.

Fibras: Libriformes, no estratificados con ausencia de punteado, longitud promedio de 499,68 μm calificadas como muy cortas, diámetro promedio de 11,5 μm . Las fibras son libriformes de disposición no estratificada de punteado de fibras con punteaduras sumples o muy poco bordeada.

Figura 2

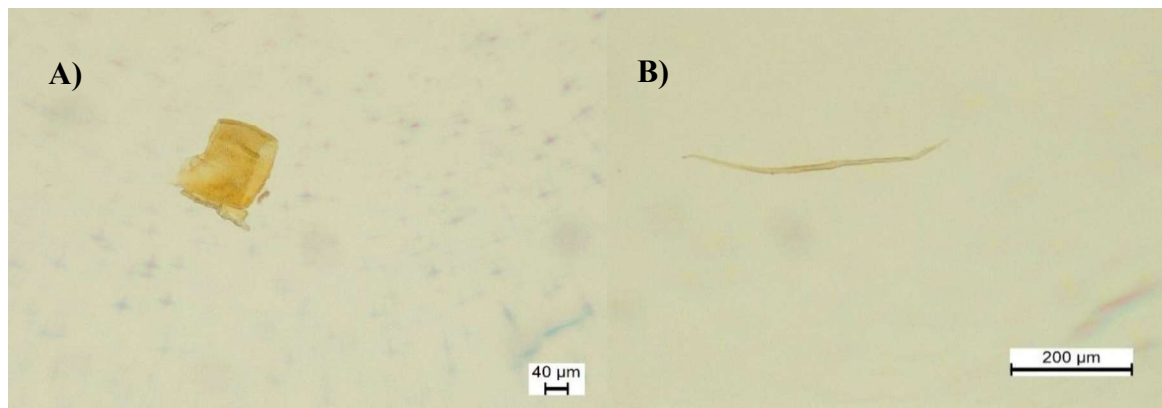
Sección transversal a nivel macroscópico de Capparis scabrida



Nota. aumento de 10x, se aprecia los poros y anillos de crecimiento en la sección transversal

Figura 3

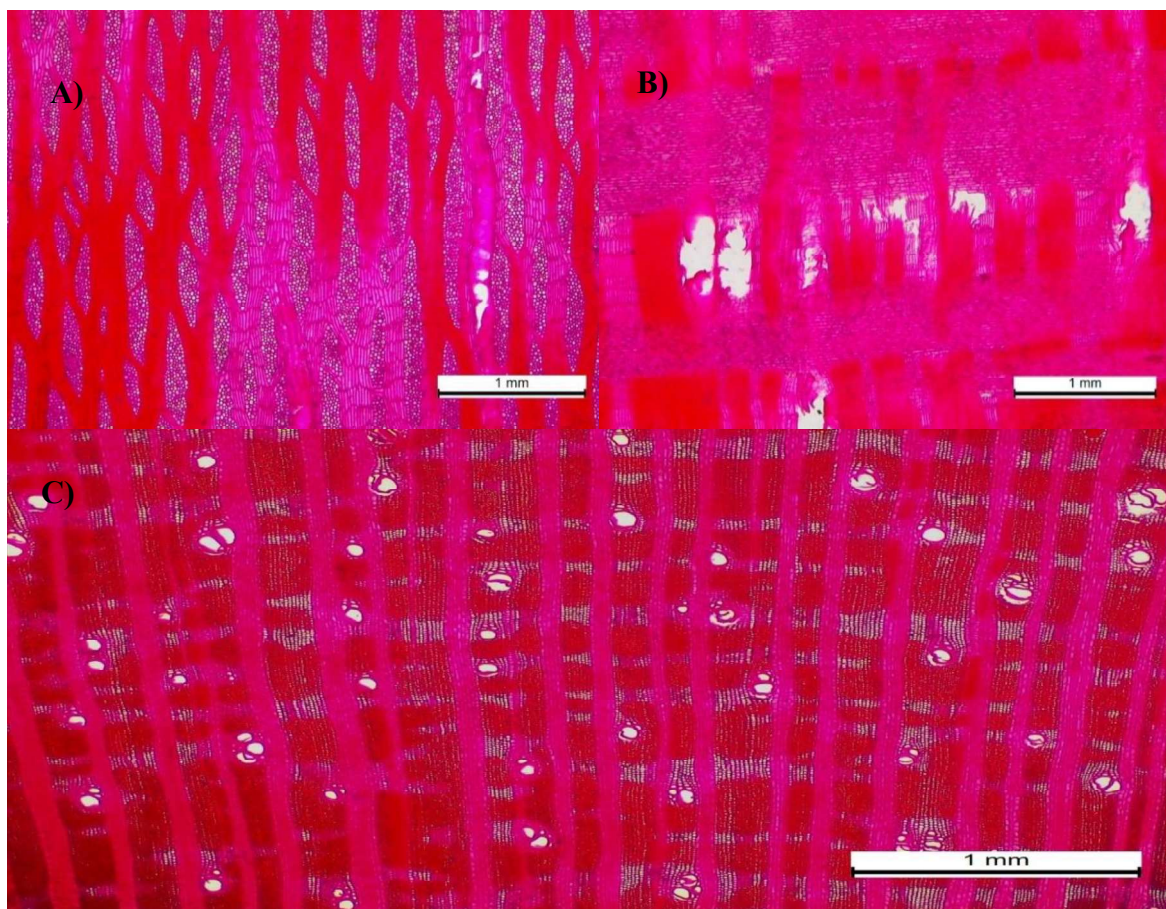
Elementos leñosos de Capparis scabrida. A) Vaso, B) Fibra



Nota: aumento de 40x, se aprecia vasos y fibras a nivel microscópico en el leño de *Capparis scabrida*

Figura 4

Características microscópicas de Capparis scabrida. A) Sección tangencial, B) Sección radial, C) Sección transversal



Nota. Se aprecia radios y poros a nivel microscópico a un aumento de 10 en nivel tangencial, radial y transversal

4.1.2. Descripción anatómica de la madera de *Cynophalla flexuosa* H.B.K.

Características generales

En condición seca al aire la albura y duramen presentaron color blanco arenoso y no mostraron cambios en la transición entre albura y duramen. Presentó anillos de crecimiento con visibilidad muy poco diferenciado, los límites de los anillos fueron diferenciados por bandas claras de forma irregular (onduladas). Olor y sabor no distintivos, grano entrecruzado, textura fina con poros de diámetros menores de 100 micras y con parénquimas no visibles a simple vista, resistencia moderadamente dura, brillo medio y veteado en arcos superpuestos (Tripticamente tangencial). Madera moderadamente dura al corte manual.

Descripción macroscópica

Poros: visible a simple vista, los poros son difusos, con un arreglo radial y/o diagonal, la concentración de los poros no cambia, se encuentran agrupados predominantemente múltiples radiales, en la sección transversal los poros fueron de forma ovalada.

Parénquima: visible con lupa de 10x, la distribución del parénquima fue paratraqueal vasicéntrico.

Radios: visible con lupa de 10x, de ancho fino (menos de 100 micras), la distribución de los radios no fue estratificado, presenta líneas vasculares rectilíneas.

Descripción microscópica

Poros/elementos vasculares: los poros fueron difusos, de arreglo radial. Diámetro tangencial promedio 50,884 μm clasificados como pequeños, en promedio 18 poros por mm^2 calificados como pocos. La longitud promedio de los elementos vasculares 90,6 μm calificadas como pequeños. Platinas de perforación poco inclinadas (menos de 150°). Tipo de perforación simple. Punteadura intervascular alterna dispuestas en hileras diagonales, de forma ovalada con diámetro promedio de 14,6 μm calificadas como grande. Aperturas incluidas de forma lenticular (Figura 5).

Parénquima: parénquima paratraqueal vasicéntrico, multiseriados.

Radios: En sección tangencial altura promedio de 17,240 μm , la anchura promedio es de 3,32 μm . En sección radial la composición es homocelular que está formado solo por células procumbentes.

Fibras: Libriformes, no estratificados con ausencia de punteado, longitud promedio de 579,231 μm calificadas como muy cortas, diámetro promedio de 14,642 μm

Figura 5

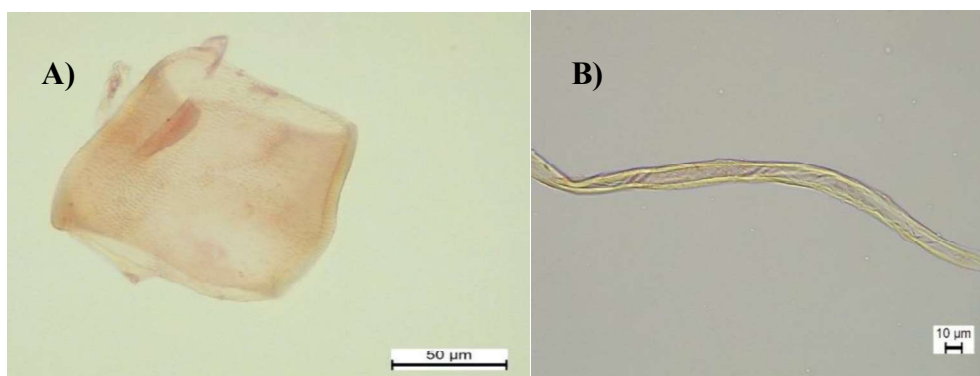
Sección trasnversal a nivel macroscópico de Cynophalla flexuosa H.B.K



Nota. aumento de 10x, se aprecia poros vasculares de forma ovalada, difusos y de arreglo radial

Figura 6

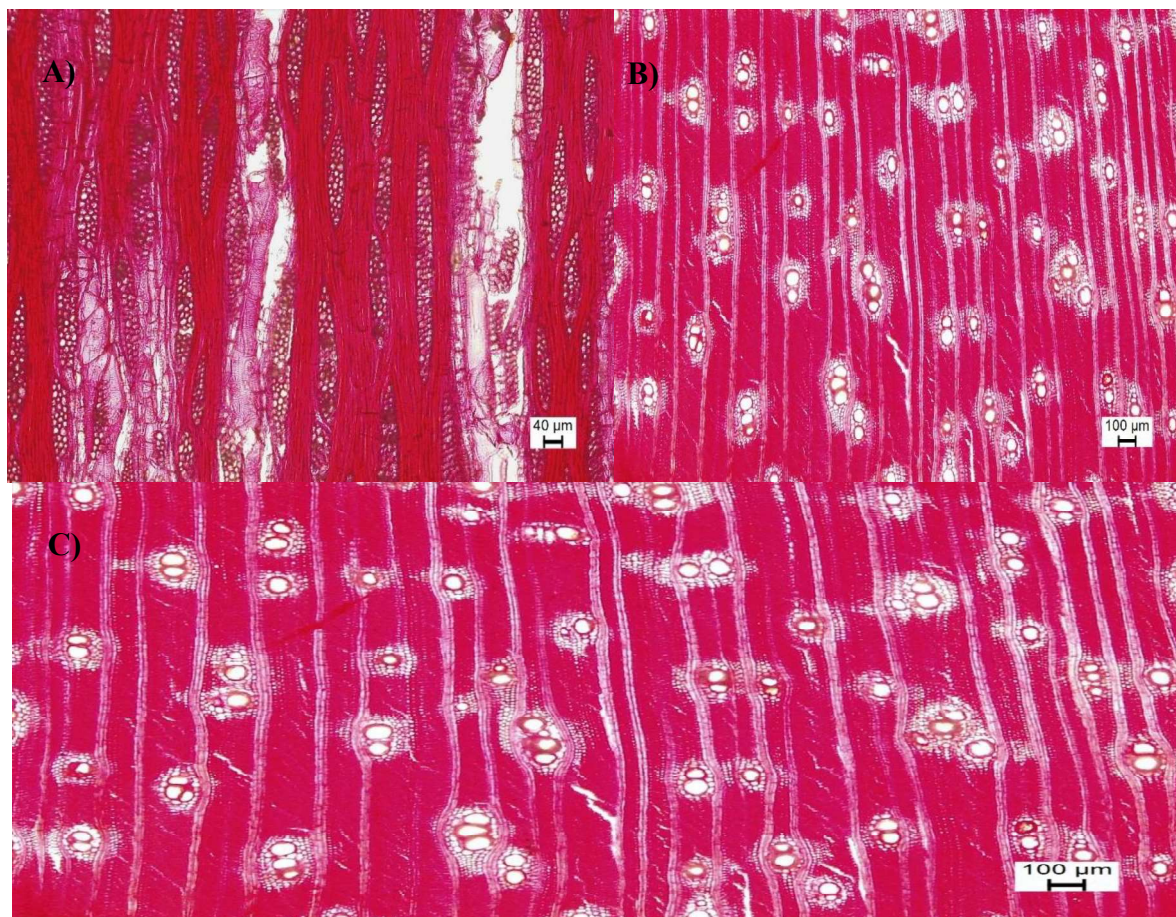
Características microscópicas de Cynophalla flexuosa. A) Vaso, B) Fibra



Nota: aumento de 40x, se aprecia vasos (A) y fibras (B) en el leño de *Cynophalla flexuosa*

Figura 7

Características microscópicas de Cynophalla flexuosa. A) Sección tangencial, B) Sección transversal



Nota. Se aprecia radios y poros a nivel microscópico a un aumento de 10x a nivel microscópico de *Cynophalla flexuosa*

4.1.3. Descripción anatómica de la madera de *Loxopterigyum huasango*

Características generales

En condición seca al aire libre la albura se torna un color pardo grisáceo, el duramen tiene un color característico, la transición de albura a duramen muestra cambios abruptos, los anillos de crecimiento son visibles, pero es difícil diferenciarlos, presenta olor y sabor ausente, su grano es entrecruzado, tiene una textura fina con un diámetro de poros menor a 100 micras y parénquima no visible a simple vista y/o escaso, al corte con cuchilla manual es moderadamente dura, su brillo es medio, su veteado son arcos superpuestos típicamente tangencial, se ve al hacer corte radial, el veteado es causado por los anillos de crecimiento.

Descripción macroscópica

Poros: presentó una porosidad difusa, tiene arreglos de los poros en disposición radial, su concentración no presentó cambios, la agrupación fue múltiple radial, poros unidos radialmente, son de tamaño pequeño, no son visibles a simple vista hasta 100 micras, tienen forma ovalada.

Parénquima: No fueron visibles aún con lupa de 10x, la distribución no se logró visualizar.

Radios: visibles con lupa de 10x, de ancho fino en promedio de 35,20 μm de ancho, con pocos radios por mm lineal con 9,44 radios por mm lineal, la altura de los radios fue de 12,04 μm , su distribución fueron radios no estratificados y sus líneas vasculares fueron rectilíneas.

Descripción microscópica

Poros: El tamaño promedio de su diámetro tangencial fue 106,5 μm calificado como medianos, la longitud fue grande con un promedio de 809,48 μm de largo, sus platinas de perforación tuvieron una inclinación horizontal, con un tipo de perforación simple, su engrosamiento en espiral fue ausente. Punteado intervascular de disposición alterna, ya que son punteaduras dispuestas en hileras diagonales, su forma de las punteaduras fue poligonales, su apertura es incluida ya que sus contornos de estas aperturas están incluidos en el contorno de las areolas de las punteaduras (Figura 8).

Punteado radiovascular: son de iguales forma y tamaño a las intervasculares.

Canales intercelulares: en los canales horizontales es un número en cada radio, 1 por radio.

Parénquima: su parénquima paratraqueal es vasicéntrico.

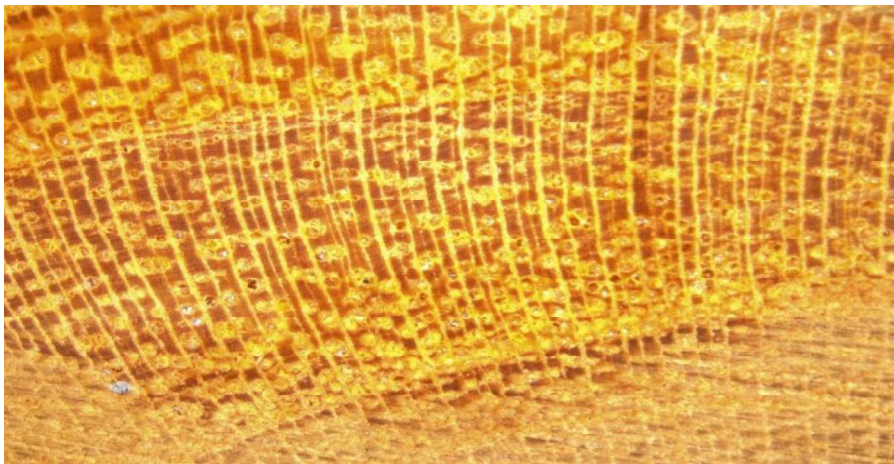
Radios: en promedio la altura en corte tangencial es de 251,65 μm , el ancho en promedio es de 35,20 μm , los radios no presentan dos tamaños distintos, en su composición celular en corte radial y tangencial es heterocelular están formado por células procumbentes con una hilera marginal de células erectas y/o cuadradas, es de tipo II, ya que sus radios

cuyo cuerpo es de mayor tamaño que las colas, estas están conformadas por células erectas en tanto el cuerpo es multiseriado y conformado por células procumbentes.

Fibras: en promedio la longitud es de 809,48 μm lo cual se clasifican como muy cortas, el diámetro total en promedio es de 22,875 μm . En sus propiedades anatómicas tienen forma libriformes, su disposición es no estratificada, tiene un punteado simple o muy poco bordeada, fibras septadas ausentes.

Figura 8

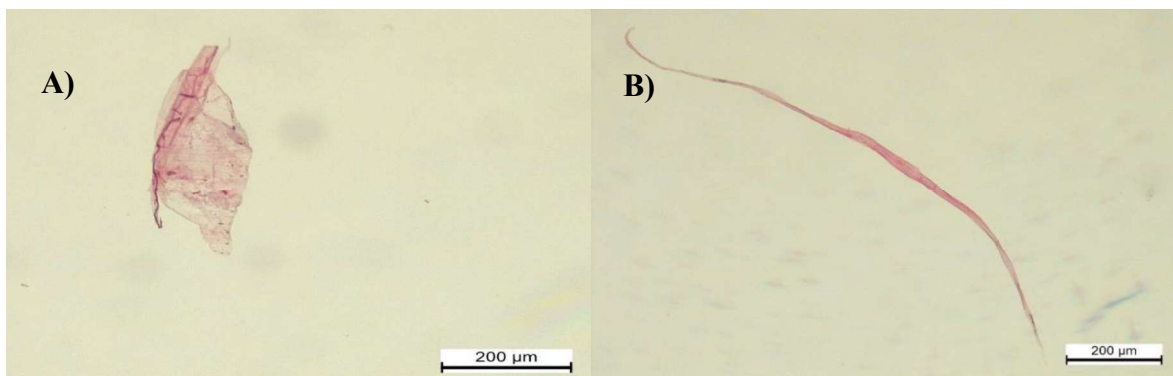
Sección trasnversal a nivel macroscópico de Loxopterigyum huasango



Nota. aumento de 10x, se aprecia poros de disposición alternas y fibras a nivel macroscópico de *Loxopterigyum huasango*

Figura 9

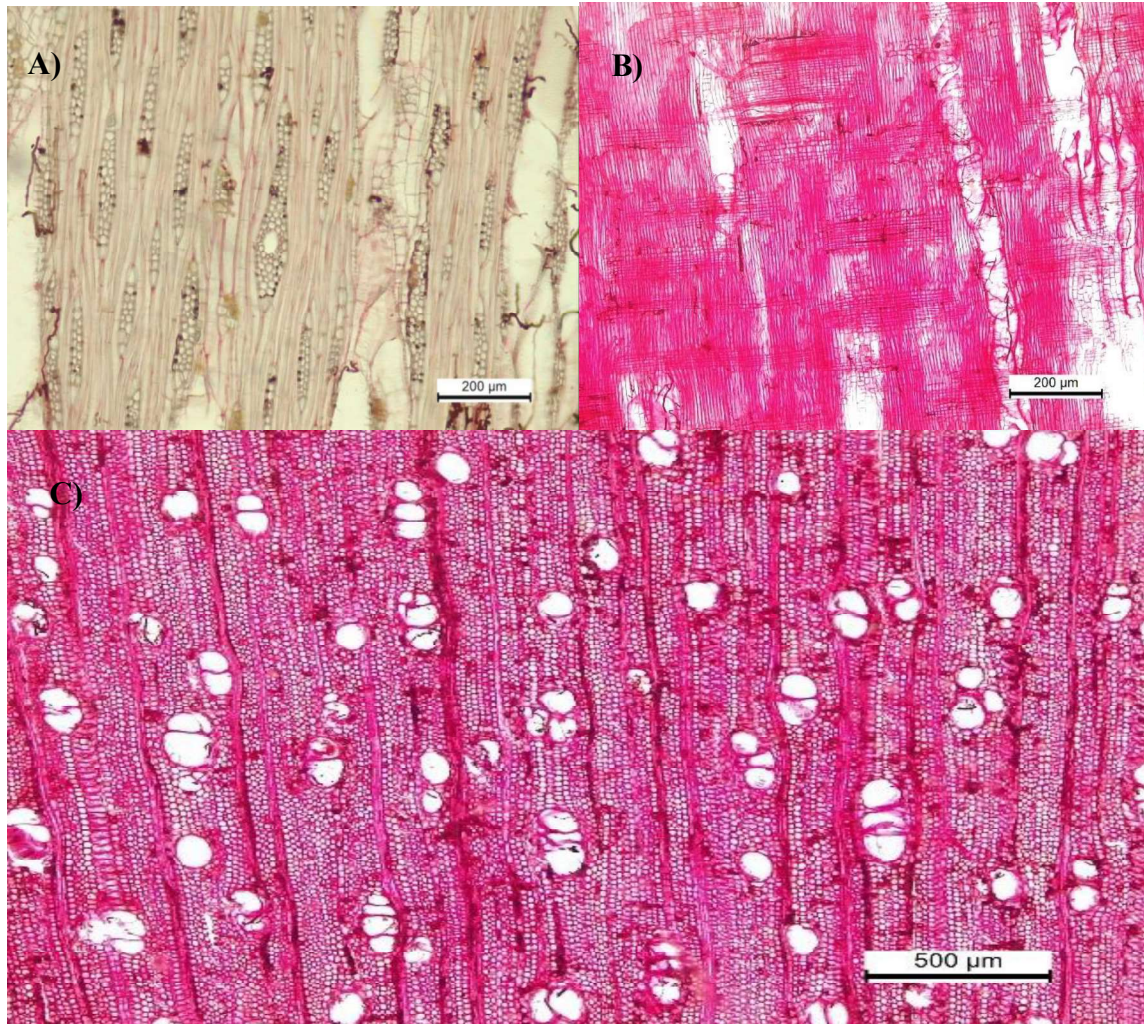
Características microscópicas de Loxopterigyum huasango. A) vaso, B) Fibra



Nota. aumento de 10x, se aprecia vasos y fibras aisladas a nivel microscópico de *Loxopterigyum huasango*

Figura 10

Características microscópicas de Loxopterigyum huasango. A) Sección tangencial, B) Sección radial, C) Sección transversal



Nota. aumento de 10x, se aprecia punteado radivascular y canales intercelulares a nivel microscópico de la *Loxopterigyum huasango*

4.1.4. Descripción anatómica de la madera de *Vachelia macracantha*

Características generales

En general presentó un color rojo en condición seca al aire libre, mientras que la albura presenta un color amarillo cremoso y el duramen color rojo, la transición de albura a duramen muestra cambios abruptos. La albura cuenta con un espesor angosto no máximo a 5 cm, sus anillos de crecimiento son visibles, pero es difícil diferenciarlo, no cuenta con olor y sabor alguno; presenta grano entrecruzado, su textura es media ya que el diámetro de

sus poros es de 100 a 300 micras y a simple vista su parénquima es visible, al corte con cuchilla manual es dura, tiene un brillo medio, el vetado de este son arcos superpuestos típicamente tangencial, se logró observar también que el vetado fue causado por los anillos de crecimiento.

Descripción macroscópica

Poros: visible a simple vista, presenta porosidad difusa, con un arreglo diagonal y/o radial, su concentración de poros no cambia, se encuentran solitarios en un 90 % a más, son de tamaño mediano a simple vista de 100 a 200 micras, la forma de los poros es redondo, sus poros contienen sustancias orgánicas como el látex.

Parénquima: es visibles con lupa 10x, no presenta distribución, es un parénquima vasicéntrico rodeando los poros en capas concéntricas, no presenta bandas.

Radios: visible con lupa de 10x, presenta un ancho fino menor a 100 micras, no se encontró el número de radios por mm lineal, del mismo modo tampoco se encontró altura; su distribución de radios es no estratificado, sus líneas vasculares son irregulares y estas están obstruidas por gomas, no presenta reflejo de los radios.

Descripción microscópica

Poros: El tamaño en promedio de su diámetro tangencial fue de 104,69 μm calificado como medianos, la longitud es grande con un promedio de 900 μm de largo. Platinas de perforación poco inclinadas menor a 150°, tipo de perforación simple, ausente de engrosamiento en espiral, contiene tálides de sustancias orgánicas como gomas en los vasos.

Punteado intervascular: su disposición es alterno con punteaduras dispuestas en hileras diagonales, la forma de las punteaduras es poligonales, la disposición de su apertura es incluidas, los contornos de estas aperturas están incluidas en el contorno de las areolas de las punteaduras, tiene apertura alargada.

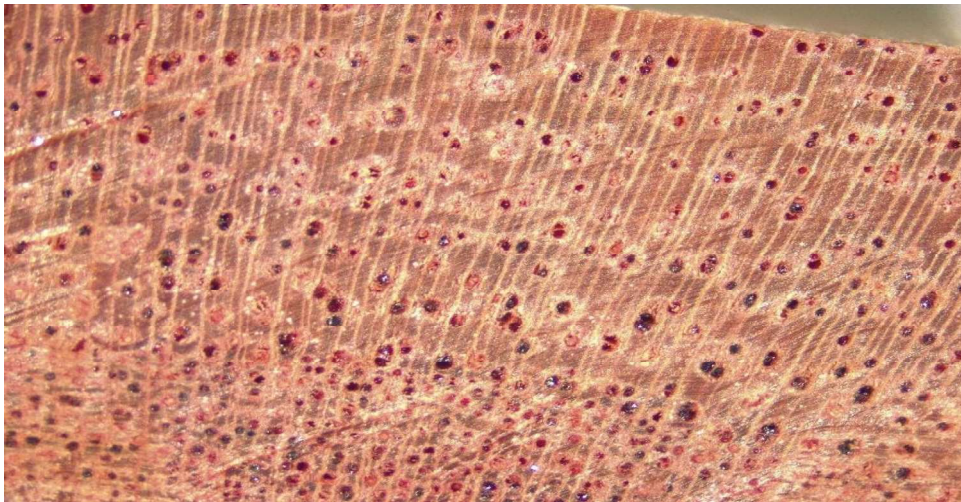
Parénquima: el parénquima paratraqueal es vasicéntrico y aliforme poco confluyente.

Radios: en promedio la altura en corte tangencial fue de 361,48 μm , el ancho en promedio es de 35,99 μm , presentó una composición celular homocelulares formado solo por células procumbentes.

Fibras: en promedio la longitud fue de 900,36 μm lo cual se clasifican como muy cortas, el diámetro total en promedio es de 22,875 μm . En propiedades anatómicas tiene forma libriformes, una disposición no estratificada, punteado ausente, fibras septadas ausentes.

Figura 11

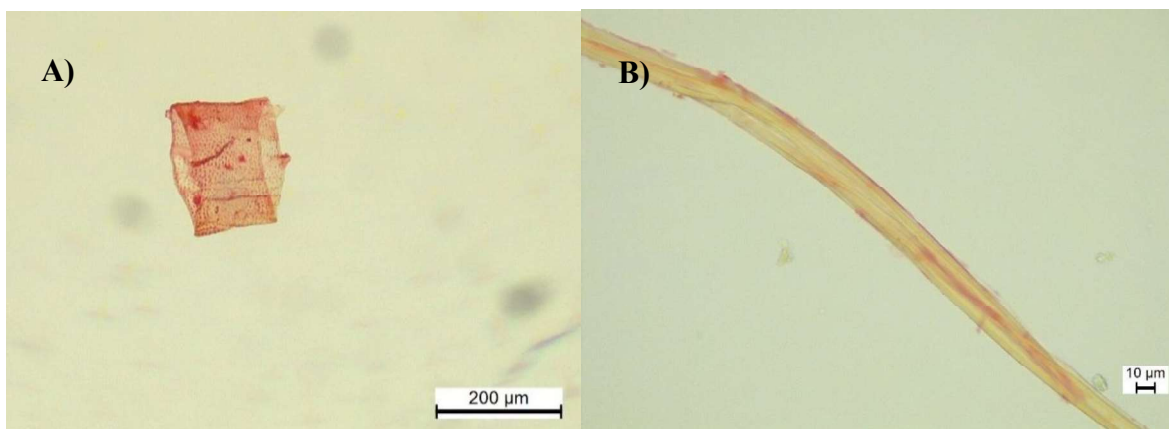
Sección transversal a nivel macroscópico de Vachelia macracantha



Nota. aumento de 40x, se aprecia poros y platinas de perforación en la sección trasnversal de *Vachelia macracantha*

Figura 12

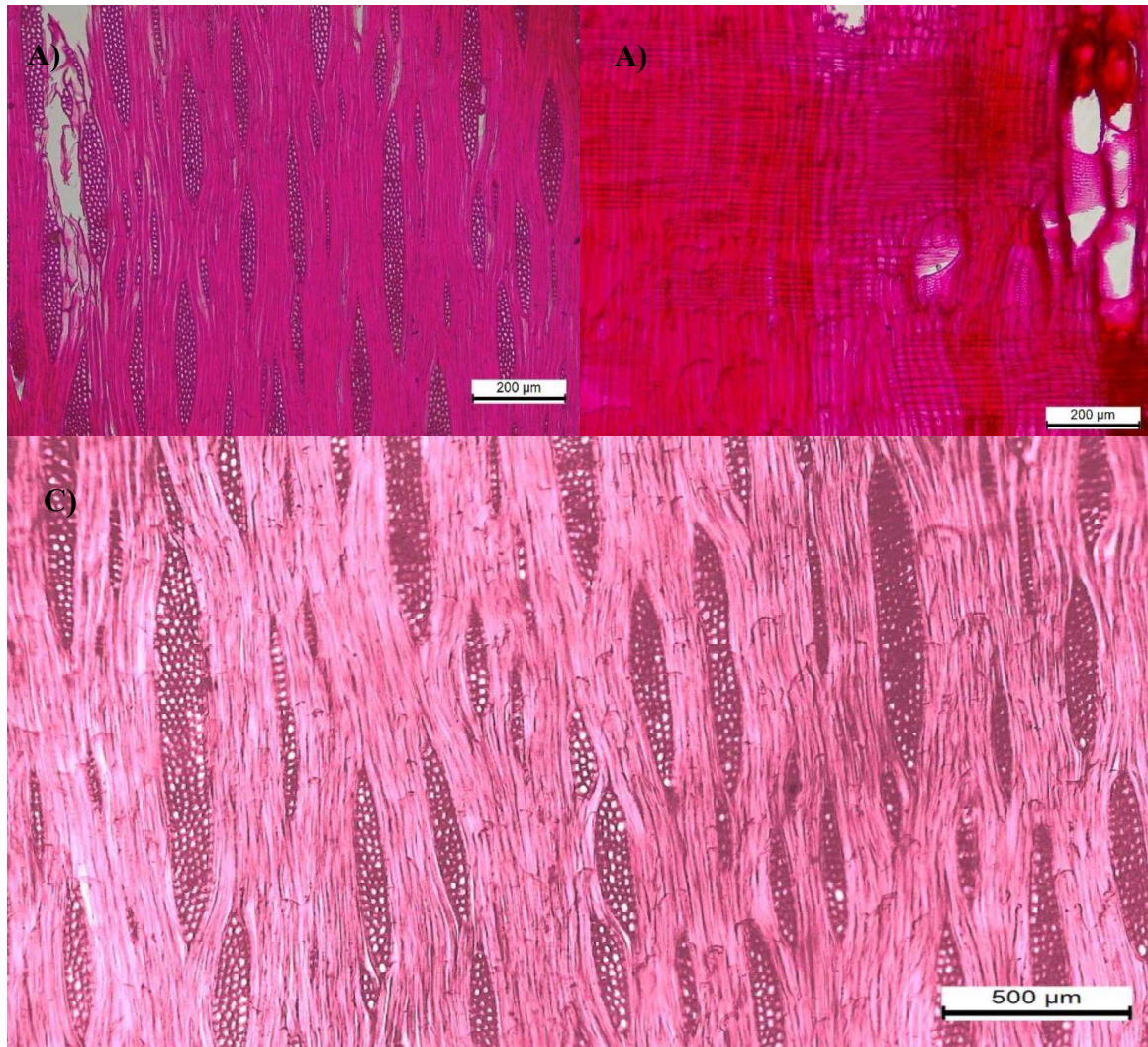
Características microscópicas de Vachelia macracantha. A) Vaso, B) Fibra



Nota. aumento de 40x, se aprecia vaso y fibra de forma aislada en el leño de *Vachelia macracantha*

Figura 13

Características microscópicas de Vachelia macracantha. A) Sección tangencial, B) Sección radial, C) Sección transversal



Nota: aumento 40x, se aprecia fibras y radios

4.1.5. Descripción anatómica de la madera de *Cordia lutea* Lam.

Características generales

En condiciones secada al aire libre se torna de color amarillo, la transición de la albura a duramen muestra un cambio gradual, sus anillos de crecimiento son visibles, pero es difícil diferenciarlos, no presenta olor y sabor alguno, tiene grano recto, cuenta con una textura fina ya que el diámetro de los poros es menor de 100 micras y parénquima no

visible a simple vista y/o escaso, al corte con cuchilla manual es blanda, tiene brillo medio, el vetado de este son arcos superpuestos típicamente tangencial, se logró observar también que el veteado fue causado por los anillos de crecimiento.

Descripción macroscópica

Poros: presentó porosidad difusa, con un arreglo diagonal y/o radial, no presenta cambios en su concentración, la agrupación de sus poros es solitarios en un 90 % o más y escasos múltiples radiales microscópicas, son de tamaño pequeño no visible a simple vista hasta 100 micras, son de forma oval, contienen tilosis.

Parénquima: no son visibles aún con lupa de 10x, posee parénquima paratraqueal vasicéntrico y alimorfe.

Radios: son visibles con lupa de 10x, fueron de ancho fino de 35.99 μm en promedio, la altura promedio es de 20.52 μm , la distribución de sus radios es no estratificados, sus líneas vasculares son rectilíneas, el reflejo de los radios es no contrastados. Presenta floema.

Descripción microscópica

Poros: El tamaño en promedio de su diámetro tangencial fue de 125,95 μm calificado como medianos, la longitud es grande con un promedio de 1264,15 μm de largo. Platinas de perforación son poco inclinadas menos de 150°, su tipo de perforación es simple, ausencia de engrosamiento en espiral.

Punteado intervascular: presentaron una disposición alterna, ya que son punteaduras dispuestas en hileras diagonales, la forma sus punteaduras es redondeados, la disposición de su apertura es incluidas ya que los contornos de estas aperturas estuvieron incluidos en el contorno de las areolas de las punteaduras, la forma de su apertura es lenticular.

Parénquima: su parénquima paratraqueal es unilateralmente paratraqueal.

Radios: en promedio la altura en corte tangencial 590,38 μm , el ancho de los radios fue de 70,05 μm , no presentan dos tamaños distintos de radios, existe presencia de células envolventes, en su composición celular en las heterocelulares están formados por células

procumbentes con 2 a 4 líneas marginales de células erectas y/o cuadradas de tipo II ya que cuyo cuerpo de los radios es de mayor tamaño que las colas.

Fibras: en promedio la longitud fue de 1264,14 μm lo cual se clasificó como cortas, el diámetro total en promedio fue de 19,63 μm . En propiedades anatómicas fueron de forma libriformes, su disposición es no estratificada, punteado ausente, fibras septadas ausentes.

Figura 14

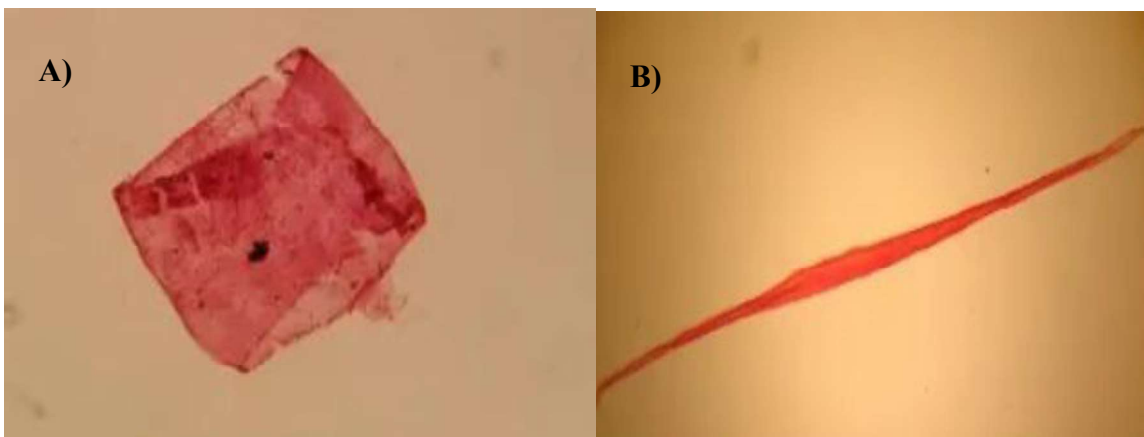
Sección transversal a nivel macroscópico de Cordia lutea Lam.



Nota. aumento de 10x, se aprecia la disposición de poros de forma agrupada y aislada a nivel macroscópico de *Cordia lutea* Lam

Figura 15

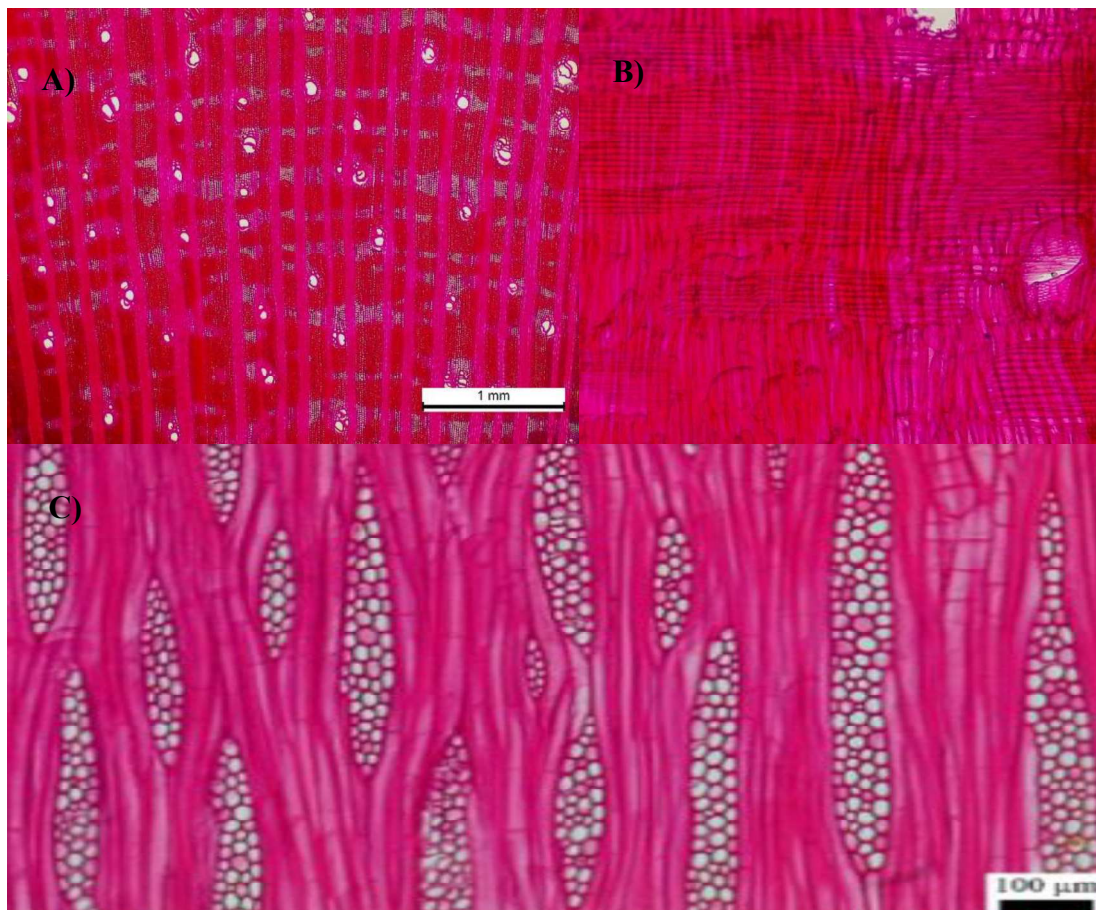
Características microscópicas de Cordia lutea Lam. A) Vaso, B) Fibra



Nota. aumento de 40x, se aprecia vaso y fibra de forma aislada a nivel macroscópico del leño de *Cordia lutea* Lam

Figura 16

Características microscópicas de Cordia lutea Lam. A) Sección tangencial, B) Sección radial, C) Corte trasnversal



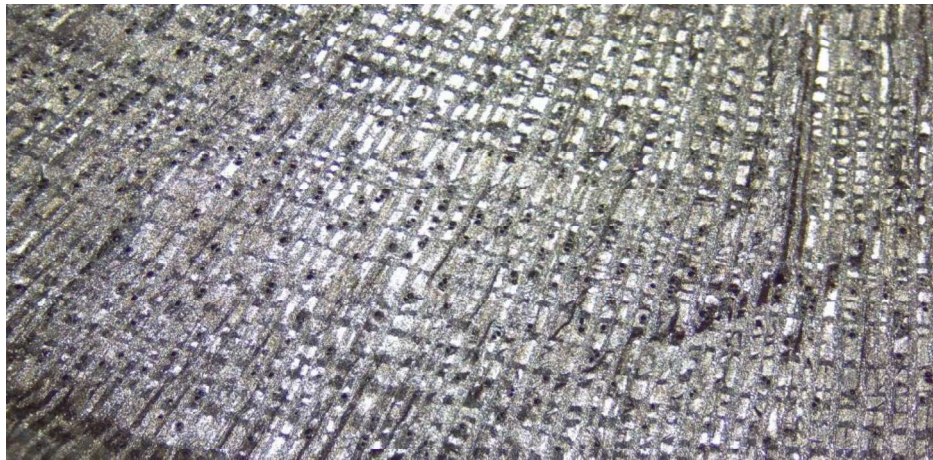
Nota. aumento 40x, se aprecia fibras y radios además del parénquima a nivel microscópico de *Cordia lutea* Lam

4.1.6. *Carcaterísticas macroscópicas de carbón de Capparis scabrida H.B.K*

El carbón presentó porosidad difusa con arreglo radial. Poros solitarios y múltiples en forma radial de dos. Diámetro tangencial promedio de 207 μm . En promedio hay 6 poros/ mm^2 clasificado como pocos. Parénquima traqueal vasicéntrico con diferentes capas alrededor de los poros y aliforme. Radios visibles con el mismo patrón de la madera y brillan con el reflejo de la luz. Presentó grietas en dirección de los radios y en forma paralela a los mismos.

Figura 17

Vista macroscópica de carbón de Capparis scabrida H.B.K



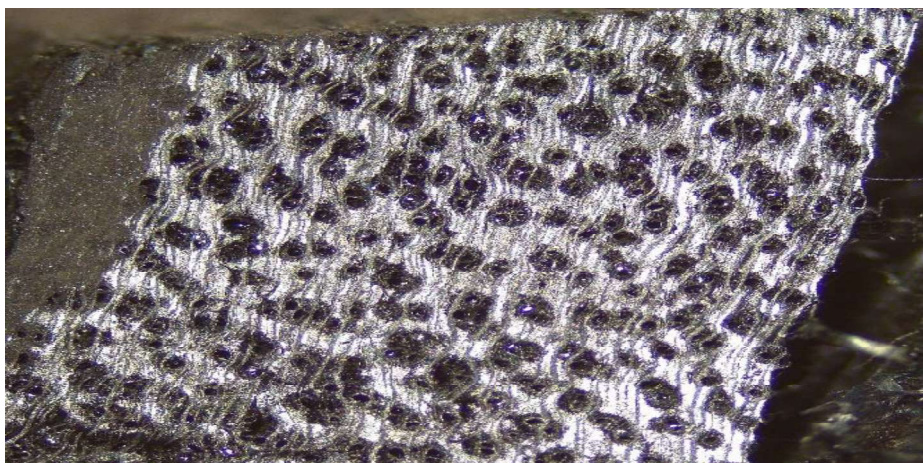
Nota. aumento de 10x a nivel macroscópico del carbón de *Capparis scabrida* H.B.K, donde se aprecia la disposición de los poros y fibras

4.1.7. Características macroscópicas de carbón de *Cynophalla flexuosa* H.B.K.

El carbón presentó una porosidad difusa con arreglo radial. Predominan los poros solitarios con presencia también de múltiples radiales. Diámetro tangencial promedio de 115 μm clasificados como medianos. Parénquima paratraqueal vasicéntrico, aliforme y aliforme confluyente. Radios visibles que brillan a contraluz y tienen la misma disposición que en la madera.

Figura 18

Vista macroscópica de carbón de Cynophalla flexuosa H.B.K



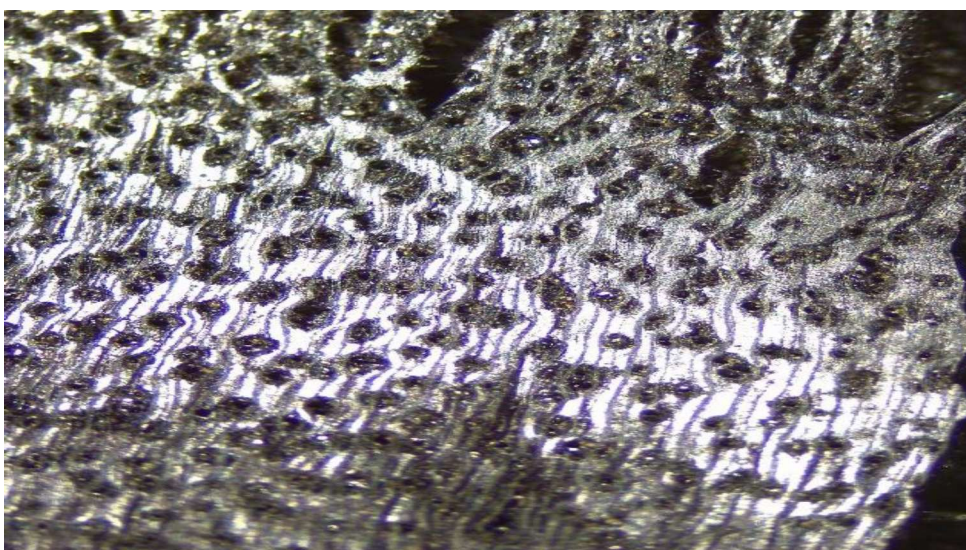
Nota. aumento de 10x a nivel macroscópico del carbón de *Cynophalla flexuosa* H.B.K, donde se aprecia la disposición de los poros y fibras.

4.1.8. Características macroscópicas de carbón de *Loxopterigyum huasango*

El carbón presentó una porosidad difusa con arreglo radial. Poros solitarios y múltiples radiales de dos. Diámetro tangencial promedio de 47 μm , clasificados como muy pequeños. En promedio hay 5 poros/ mm^2 , clasificados como muy pocos. Parénquima marginal visible y brillante. Radios visibles que brillan con la luz. Posee grietas profundas en dirección de los radios y pequeñas en forma perpendicular a los radios.

Figura 19

*Vista macroscópica de carbón de *Loxopterigyum huasango**



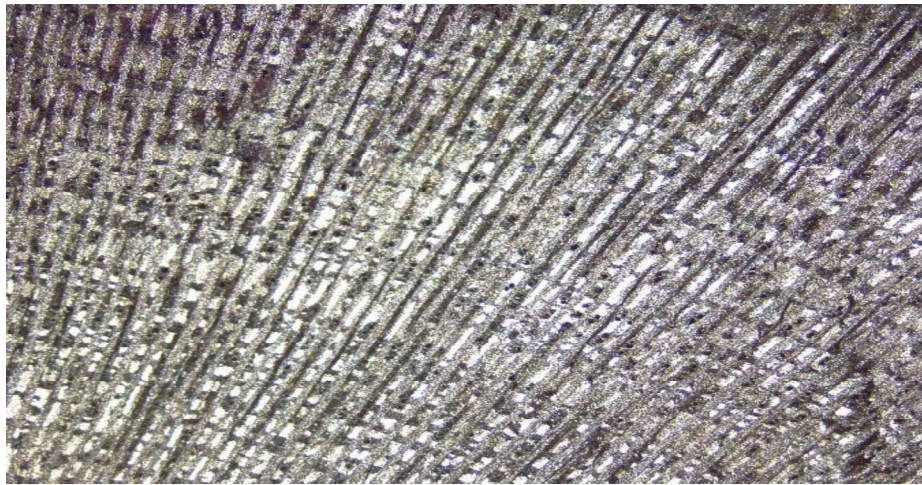
Nota. aumento de 10x a nivel macroscópico del carbón de *Loxopterigyum huasango*, donde se aprecia la disposición de los poros.

4.1.9. Características macroscópicas de carbón de *Vachelia macracantha*

El carbón presentó porosidad difusa con arreglo radial. Poros numerosos solitarios y múltiples radiales de dos. Diámetro tangencial promedio de 37 μm , clasificados como muy pequeños. En promedio existe 13 poros/ mm^2 clasificados como pocos. Parénquima paratraqueal vasicéntrico, aliforme y aliforme confluyente. Radios visibles que brillan con el reflejo de la luz. Presenta grietas en dirección de los radios y en forma perpendicular.

Figura 20

Vista macroscópica de carbón de Vachelia macracantha



Nota. aumento de 10x a nivel macroscópico del carbón de *Vachelia macracantha*, donde se aprecia la disposición de fibras

4.1.10. Características macroscópicas de carbón de *Cordia lutea* Lam

El carbón presentó porosidad difusa con arreglo radial. Poros solitarios y múltiples radiales. Diámetro tangencial promedio de 41 μm , clasificado como muy pequeños. En promedio hay 52 poros/ mm^2 clasificados como numerosos. Parénquima no visible. Radios visibles que brillan a contraluz. Presencia de escasas grietas en dirección de los radios.

Figura 21

Vista macroscópica de carbón de Cordia lutea



Nota. aumento de 10x a nivel macroscópico del carbón de *Cordia lutea*, donde se aprecia la disposición de los poros en el carbón.

Tabla 1.
Parámetros estadísticos de las especies estudiadas

Parámetros estadísticos	Poros			Radio		Fibras		
	Distancia tangencial (μm)	Número mm ²	Longitud de elementos vasculares (μm)	Altura (μm)	Ancho(μm)	Número por mm	Diámetro total (μm)	Longitud (μm)
<i>Capparis scabrida</i>								
Promedio	203810,76	3480,00	6780692	24880,00	4880,00	5040,00	11563,80	499683,76
Desv. Estándar	33472,34	1758,79	12355,73	14057,38	1691,15	888,82	1713,93	56049,61
Coefficiente de variación (%)	0,16	0,50	0,18	0,55	0,34	0,17	0,15	0,11
Valor mínimo	153110,00	1000,00	43044,00	7000,00	1000,00	3000,00	8432,00	375519,00
<i>Cordia lutea</i>								
Promedio	125957,68	14840,00	109241,84	19480,00	3800,00	4840,00	19624,76	109241,84
Desv. Estándar	27933,92	5436,60	23273,61	9874,72	1040,83	943,40	3401,23	23273,61
Coefficiente de variación (%)	0,22	0,36	0,21	0,50	0,27	0,19	0,17	0,21
Valor mínimo	75137,00	9000,00	64582,00	7000,00	2000,00	3000,00	15589,00	64582,00
<i>Vachelia macracantha</i>								
Promedio	104697,24	4280,00	29520,84	20520,00	3680,00	7840,00	17230,12	129520,84
Desv. Estándar	20220,86	1307,67	38536,61	10813,26	1345,36	1598,96	3485,23	38536,61
Coefficiente de variación (%)	0,19	0,30	0,29	0,52	0,36	0,20	0,20	0,29
Valor mínimo	61434,00	1,000.00	38457,00	6000,00	1000,00	5000,00	10504,00	38457,00
<i>Loxopterigyum huasango</i>								
Promedio	106855,04	12120,00	159096,68	12040,00	2200,00	9440,00	22874,72	809485,17
Desv. Estándar	21670,25	3574,45	49885,16	5255,79	500,00	1556,71	4724,37	100534,33
Coefficiente de variación (%)	0,20	0,29	0,31	0,43	0,22	0,16	0,20	0,12
Valor mínimo	62947,00	4000,00	44785,00	5000,00	1000,00	7000,00	1592400	654274,00
<i>Cynophalla flexuosa</i>								
Promedio	50884,00	18,76	94608,88	17240,00	3320,00	8920,00	14642,08	579231,24
Desv. Estándar	8312,84	3,03	23487,94	7644,61	1029,56	1579,03	2240,60	57512,46
Coefficiente de variación (%)	0,16	0,16	0,24	0,43	0,30	0,17	0,15	0,10
Valor mínimo	33492,00	12,00	37158,00	6000,00	2000,00	6000,00	11571,00	437090,00

En la tabla 2, se aprecia los parámetros estadísticos de las especies estudiadas, donde se observa que los poros con mayor distancia tangencial fue *Capparis scabrida* con 203 810,76 μm, la especie con mayor número de poros por mm² correspondió a *Loxopterigyum huasango* con 12 120,00 la especie con mayor longitud de elementos vasculares fue

Loxopterigyum huasango con 159 096,68 μm , a nivel de radios la especie *Capparis scabrida* obtuvo la mayor altura y ancho de radios con 24 880,00 μm y 4 880,00 μm , a nivel de fibras *Loxopterigyum huasango* obtuvo el mayor número de fibras y diámetro total con 9 440 fibras y 22 874,72 μm ; la especie que tuvo fibras con mayor longitud fue *Cynophalla flexuosa* con 579 231,24 μm , respectivamente.

4.2. Discusión

En relación al primer objetivo específico: Establecer las características macroscópicas y microscópicas de la madera de cinco especies forestales, en esta investigación se determinó las características macroscópicas (Como: anillos de crecimiento, vasos, radios, tipo de parénquima e inclusiones) y microscópicas de la madera (Como: la porosidad difusa, poros solitarios, fibras de paredes muy gruesas, parénquima paratraqueal vasicéntrico, radios leñosos uniseriados y estratificados) de *Capparis scabrida*, *Cynophalla flexuosa*, *Loxopterigyum huasango*, *Vachelia macracantha* y *Cordia lutea*, que son especies endémicas de bosque seco; si bien es cierto, son especies que han sido ampliamente estudiadas a nivel de botánico, hasta la fecha no se tiene reportes sobre estudios a nivel anatómico, lo cual es preocupante, ya que en las zonas de bosques secos, estas especies son aprovechadas para diferentes actividades. Los principales resultados indican que las especies evaluadas presentan parénquima aliforme, y que además *Capparis scabrida*, *Cynophalla flexuosa*, *Vachelia macracantha*, *Loxopterigyum huasango* presentaron radios visibles con lupa de 10x debido a la naturaleza de sus fibras y a la disposición del grano en forma entrecruzada. A nivel microscópico los poros son medianos con distancia tangencial (μm) que varía de 50 884,00 μm a 203 810,76 μm , la longitud de los poros en promedio varió de 29 520,84 a 159 096,68 μm , el número de fibras por mm varía de 4840 a 9440, debido a que las especies evaluadas en esta investigación son especies de bosque seco, estos valores pueden cambiar y las características microscópicas y macroscópicas se pueden ver alteradas por la estacionalidad en la cual fue obtenida las muestras para su análisis (Gonzales, 2011, p. 67).

Por otra parte, respecto a las características macroscópicas, se logró evidenciar que los resultados obtenidos en esta investigación son distintos en cada especie, dentro de ello se logró identificar las características generales respecto a las características organolépticas

como color de la madera, además de las características macroscópicas y microscópicas, para la identificación de especies es necesario tomar en cuenta todas estas características para obtener un buen resultado, en tal sentido Pérez (2018, p. 24) y Bustamante (2017, p. 67) mencionan que se debe tomar en cuenta todas las características para la identificación de maderas ya que muchas veces puede haber una similitud en características organolépticas entre especies y podría llevar a un error de identificación, como lo ocurrido en las especies identificadas en esta investigación *Capparis scabrida*, *Cynophalla flexuosa*, *Loxopterigyum huasango*, *Vachelia macracantha* y *Cordia lutea* que presentaron colores de madera seca al aire libre bastante similares como amarillo, blanco arenoso, pardo grisáceo, amarillo cremoso y amarillo respectivamente, estos colores pueden llevar a un error de identificación a simple vista, ante esto, se puede emplear otras técnicas como Análisis de ADN (Barcoding molecular) (Dormontt et al., 2015, p. 53), espectroscopía (Tsuchikawa y Kobori, 2015, p. 25) e inteligencia artificial y visión de computadora (Zhao, et al. 2021, p.12); sin embargo, la selección del método así como la precisión que se obtenga en el análisis va depender básicamente de la logística disponible que se tenga para el desarrollo del estudio

A nivel macroscópico, los poros de *Capparis scabrida*, *Cynophalla flexuosa*, *Loxopterigyum huasango*, *Vachelia macracantha* y *Cordia lutea* son difusos con arreglo radial, esta disposición de los poros en el tejido leñoso es consecuencia de dos fuerzas de selección contrapuestas: la eficiencia conductora del agua y la seguridad en la conducción de la misma, por otra parte en promedio las 5 especies estudiadas presentaron distancia tangencial de poros con clasificación de pequeños a medianos, lo cual es una característica de las especies de bosque seco (Rojas 2021, p. 19). *Cordia lutea* Lam, presenta grano recto lo cual permite la trabajabilidad de la madera y puede ser usada para otros fines como artesanal, por su parte Guevara y Espinoza (2013, p. 36) mencionan que especies con grano recto facilitan la trabajabilidad a diferencia de las especies que tienen grano entrecruzado.

Debido a que las características macroscópicas de *Capparis scabrida* y *Loxopterigyum huasango* son poco identificables a simple vista, estas especies no son servibles para estudios anatómicos, en relación a esto, Ccayanchira y Reyes (2019, p. 21) mencionan que la especie *Capparis scabrida* presenta poca diferenciación de características anatómicas macroscópicas lo cual hace que sea una especie que no es apropiada para

estudios anatómicos específicos, de la misma forma Rosero (2011, p. 14) indica que esta especie no es potencial para estudios dendrocronológicos debido a la estructura anatómica que presenta y a la alta variación de su perfil densitométrico no diferenciando el anillo tanto visual como por densitometría.

En relación al segundo objetivo específico: Determinar macroscópicamente la forma del carbón de cinco especies forestales, los resultados indican que el análisis macroscópico del carbón vegetal de las cinco especies permitió identificar características anatómicas conservadas tras la carbonización, lo que evidencia su utilidad para estudios taxonómicos, ecológicos y arqueobotánicos (Cartwright, 2020, p. 8; Wallace y Charles, 2013, p. 24).

La porosidad difusa con arreglo radial, observada en todas las especies, es un patrón frecuente en maderas de regiones tropicales estacionales. Esta disposición, al mantenerse estable incluso tras la carbonización, facilita la identificación taxonómica en contextos arqueológicos o ecológicos (Pereira et al. 2021, p. 35).

El diámetro y la densidad de poros mostraron una alta variabilidad interespecífica. *Capparis scabrida* presentó vasos de gran tamaño (207 μm) pero escasos (6 poros/ mm^2), lo que sugiere una estrategia hidráulica centrada en la eficiencia. En contraste, *Cordia lutea*, con vasos mucho más pequeños (41 μm) pero numerosos (52 poros/ mm^2), refleja una adaptación hacia la seguridad hidráulica. Estas diferencias estructurales están directamente relacionadas con las estrategias ecológicas de las especies y son conservadas en el carbón vegetal (Barcelos et al. 2017, p. 68; Ziemińska et al. 2015, p. 112).

En cuanto al parénquima axial, se observó mayormente paratraqueal vasicéntrico, aliforme y aliforme confluyente, especialmente en *Cynophalla flexuosa*, *Capparis scabrida* y *Vachellia macracantha*. Esta estructura es diagnóstica en varios grupos taxonómicos y su preservación en carbón es clave para una identificación anatómica confiable (Chabal et al. 2019, p. 28). La ausencia de parénquima visible en *Cordia lutea* podría explicarse por su escasa proporción en la madera original o por degradación térmica durante el proceso de carbonización (Wallace & Charles, 2013, p. 17).

Los radios leñosos, claramente visibles y brillantes a contraluz en todas las especies, indican una buena preservación estructural. Este rasgo es particularmente útil cuando otros

elementos anatómicos se encuentran deteriorados, y puede ser decisivo para la identificación en carbones arqueológicos (Cartwright, 2020, p.35).

La presencia de grietas fue variable entre especies. Las grietas radiales y perpendiculares observadas en *Loxopterygium huasango* y *Vachellia macracantha* pueden atribuirse a tensiones generadas durante la pirólisis, influenciadas por la orientación de los radios y las propiedades anatómicas de la madera original (Kaal et al. 2012, p. 21).

En conjunto, los resultados demuestran que, pese a los efectos físicos y térmicos de la carbonización, el carbón vegetal conserva suficientes caracteres diagnósticos para distinguir entre especies. Este hallazgo refuerza su valor como herramienta para investigaciones etnobotánicas, paleoecológicas y de manejo forestal sostenible (Pereira et al. 2021, p. 14; Pozo et al. 2022, p. 8).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las características macroscópicas de la madera de *Capparis scabrida*, *Cynophalla flexuosa*, *Loxopterigyum huasango*, *Vachelia macracantha* y *Cordia lutea* presentaron colores seca al aire entre amarillo, blanco arenoso, pardo grisáceo, amarillo cremoso y amarillo respectivamente; estos colores pueden llevar a un error de identificación a simple vista.

Los poros de *Capparis scabrida*, *Cynophalla flexuosa*, *Loxopterigyum huasango*, *Vachelia macracantha* y *Cordia lutea* son difusos con arreglo radial, esta disposición de los poros en el tejido leñoso es consecuencia de dos fuerzas de selección contrapuestas.

Los tipos de granos de *Capparis scabrida*, *Cynophalla flexuosa* y *Loxopterigyum huasango* fueron del tipo grano recto lo cual permitió la trabajabilidad de la madera y puede ser usada para otros fines como artesanía.

A nivel de carbón se logró evidenciar que los poros aumentan cuando han pasado por el proceso de carbonización, esto se debe principalmente a que se dilatan para que permitan la salida del agua del interior de la madera.

5.2. Recomendaciones

Realizar más estudios anatómicos de estas especies para tener una amplia gama de sus características y así facilitar su identificación en madera aserrada. Además, realizar estudios de las propiedades físicas, mecánicas y de trabajabilidad de las especies estudiadas; para complementar la información tecnológica de cada especie y determinar la aptitud de uso de cada una de ellas.

Realizar estudios anatómicos de las especies estudiadas, con muestras provenientes de distintos ámbitos geográficos, para determinar qué características anatómicas están influenciadas por factores externos.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, Z., & Aguirre, L. (2021). Estado Actual e Importancia de los Productos Forestales No Maderables. *Latindex*, 11(1), 71–82.
- Algarrobo, I. P. (1997). Bosque seco y desertificación. Seminario Internacional.-PiurCI-Lambayeque-Perú.
- Amaya, C. D. A., Rosas, A. F. S., & Umbarila, L. F. S. (2021). Determinación de usos potenciales de la madera de tachuelo (*Zanthoxylum rhoifolium* lam.) a partir de la evaluación de las propiedades físico-mecánicas y características anatómicas. *IDEA Construcción y Madera*, 3, 12-23.
- Anchundia, M. H. R. (2023). Impacto socioeconómico de la producción de carbón vegetal en la comuna Las Lagunas, Manabí, Ecuador (Bachelor's thesis, Jipijapa-Unesum).
- Armijos, A., Alvarado, J., Quito, J., León, T., Guamán, L., & Pucha, D. (2017). Anatomía de la madera de diez especies forestales de bosque andino del sur del Ecuador. *Cedamaz*, 7(March 2018), 83–95.
- Barbaran, P. M. C. (2019). Caracterización de la producción y comercialización de carbón vegetal en el distrito de Manantay, Coronel Portillo –Ucayali. Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa, Peru. Tesis. 84 p.
- Barcelos, J. A., Alves, E. S., & Longui, E. L. (2017). Wood anatomy of Brazilian species used as charcoal. *IAWA Journal*, 38(3), 314–328. <https://doi.org/10.1163/22941932-20170174>

- Campos, B. M. F. (2021). Anatomía y propiedades físico mecánicas de *Polylepis* sp. En plantaciones de ladera—Colpar, Quilcas, Huancayo.
- Caroca, R., Zapata, N., & Vargas, M. (2016). Efecto de la temperatura sobre la germinación de cuatro genotipos de maní (*Arachis hypogaea* L.). *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 32(2), 94–101. <https://doi.org/10.4067/s0719-38902016000200002>
- Cartuche, K. M. (2022). Caracterización de la madera de 95 especies forestales del sur de Ecuador con base a sus propiedades físicas, organolépticas y anatómicas.
- Cartwright, C. (2020). Wood and charcoal analysis: Current perspectives in identification and interpretation. In M. Madella, C. Lancelotti, & F. Savard (Eds.), *Ancient plants and people* (pp. 29–44). University of Arizona Press.
- Castellanos-Potenciano, B. P., Ávila, N. C., & Hernández, A. H. (2021). El comercio del carbón vegetal y su transitar hacia la bioeconomía en México. *C3-BIOECONOMY: Circular and Sustainable Bioeconomy*, 2, 55–68.
- Ccayanchira, V. F. M., & Reyes, M. M. C. (2019). Anatomía, propiedades físico-mecánicas, químicas y potencial dendrocronológico de *Cedrela odorata* L. y *Terminalia oblonga* (Ruiz & Pav.) Centro Anapiari, Pichanaki-Junin.
- Chabal, L., Théry-Parisot, I., & Fiorentino, G. (2019). Anthracology: Method, scope and relevance. In A. Antolín & L. B. Zapata Peña (Eds.), *Manuals in Archaeobotany* (pp. 191–214). Barkhuis.
- Cornejo, X., & Pennington, T. D. (2009). *Flora Neotropica Monograph 95: Capparaceae*. The New York Botanical Garden Press.

- Cosenza, L. P., Moya, E., Franco, M. J., Brea, M., & Prado, D. (2022). Anatomía de la madera y el carbón de *Anadenanthera colubrina* var. *colubrina* (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Darwiniana*, nueva serie, 10(1), 168-187.
- Cuno, C. M. E. (2024). Anatomía y propiedades físicas de la madera de *Pinus maximinoi* de diecinueve años en Oxapampa, Perú.
- Cueva, M. R. C., Hernández, Y. L. D., & Regalado, Ó. L. (2021). Comunicación asertiva en el contexto educativo: revisión sistemática. *Boletín Redipe*, 10(4), 315-334.
- Dormontt, E. E., Boner, M., Braun, B., Breulmann, G., Degen, B., Espinoza, E., ... & Lowe, A. J. (2015). Forensic timber identification: It's time to integrate disciplines to combat illegal logging. *Biological Conservation*, 191, 790-798.
- Garcia, A., & Quito, L. (2021). Influencia de la ceniza de carbón vegetal en las propiedades del Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en el barrio centenario, Huaraz, Ancash – 2021. Universidad César Vallejo, 59.
- Gonzales, A. M (2011). Evaluación de la estructura anatómica de la madera Sapote *Capparis scabrida* HBK de la zona de Motupe-Lambayeque en relación con la producción de goma.
- Gonçalves, T. A. P., Scheel-Ybert, R., & da Luz, C. F. P. (2012). Wood and charcoal anatomy of Brazilian species of *Erythroxylum* P. Browne (Erythroxylaceae). *Saguntum Extra*, 11, 51-60.

Hernández, D. R., Marrero, A. Y. S., Martínez, E. G. E., & Padrón, N. C. (2023). Cadena de valor para la producción del carbón vegetal en Cuba. *RECAI Revista de Estudios en Contaduría, Administración e Informática*, 12(34), 1-21.

Hernández-Hernández, M., Palma-López, D. J., Salgado-García, S., Palma Cancino, D. J., Rincón-Ramírez, J. A., Hidalgo-Moreno, C. I, y Cuanalo-De La Cerda, H. (2020). Carbón vegetal como mejorador de un Acrisol cultivado con caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Agro Productividad*, 13(5).
<https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1607>

Kaal, J., Carmona, M., Martínez Cortizas, A., & Costa Casais, M. (2012). Charcoal as a source of wood identification and past fire history in palaeoecological studies. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 171, 35–43.
<https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2011.11.004>

Li, J., Ma, Q., Chen, D., & Yin, X. (2022). Physical and chemical changes of charring wood under different conditions. *Carbon Resources Conversion*, 5, 125–135.
<https://doi.org/10.1016/j.crcon.2022.01.007>

Machuca, G. J. I. (2022). Evaluación del poder germinativo y aplicación de la prueba del tetrazolio en semillas de “Hualtaco” *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engler.

Mejia Mejia, E. (2024). *Evaluación de tratamientos pre germinativos y sustratos en el crecimiento inicial de Vachellia macracantha Humb & Bonpl ex Willd (faique) en el distrito de Chota, Cajamarca.*

Mendocilla-Risco, M., Valdez, N. R., Villar-López, A., Cruzado-Ubillús, R., Guzmán-Coral, F., & Bernuy-Zagaceta, I. (2018). Evidencias preclínicas de *Cordia lutea* Lam:

- fitoquímica y efecto en daño hepático. *Revista Peruana de Medicina Integrativa*, 3(4), 183-190.
- Meza, D. O., Pulido, M. T., Aiza, A. G., da Silva, C. J., Sander, N. L., & de Arruda, J. C. (2021). Vínculos entre los productos forestales no maderables y el turismo: el caso del laurel (*Litsea glaucescens* Kunth) en el Parque Nacional el Chico, Hidalgo, México. *El Periplo Sustentable: Revista de Turismo, Desarrollo y Competitividad*, 40, 206–232.
- Moscol, O. J. A. (2018). *Caracteriacion física-química para determinación del rendimiento y calidad de la goma exudada de la especie forestal Sapote Capparis scabrida HBK, en el área de conservación regional Angostura Faical*.
- Mostacero, J., Mejía, F., Gamarra, O., Charcape, J., & Ramírez, R. (2009). *Plantas útiles de los Andes y la Amazonía: Usos y potencialidades*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Orrala, E.E. (2017). Sobrevivencia del guasango (*Loxopterygium huasango* Spruce), bajo tres métodos de prendimiento en la parroquia Ancón de la Provincia de Santa Elena [Tesis de Licenciado, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio Dspace. <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/3992>
- Ortega-Gutiérrez, J. O., Alvarado-Segura, A. A., Machuca-Velazco, R., & Borja-de-la-Rosa, A. (2023). Caracterización anatómica y propiedades físicas de la madera de monte bajo de dos especies de *Quercus* del volcán Popocatepetl. *Madera y bosques*, 29(1).
- Pennington, R. T., Lewis, G. P., & Ratter, J. A. (2009). *Neotropical savannas and seasonally dry forests: Plant diversity, biogeography, and conservation*. CRC Press.

- Perdomo, G. L. A., Perdomo, G. L., Puchol, R. Q., Rodríguez, P. M., Martín, D. A., & Hernández, P. L. (2023). Obtención y caracterización preliminar de polvo de carbón vegetal de Marabú para su uso en consumibles de soldadura. *Revista Centro Azúcar*, 50(2), 1–12. <http://centroazucar.uclv.edu.cu>
- Pérez, A., & Varela, M. (2015). Propagación vegetativa de especies nativas de bosques secos tropicales mediante estacas y reguladores de crecimiento. *Revista Forestal Latinoamericana*, 30(2), 45–54.
- Perez, A. J. M. (2020). Efecto del contenido de humedad en los residuos de la madera aserrada de capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth); con el poder calorífico del carbón vegetal producido en el prototipo del proyecto: Fincyt-jk maderas export SA-UNU, departamento de Ucayali, 2018.
- Pereira, D. A., Figueiral, I., & Figueiredo, A. C. (2021). Wood anatomy of tropical species from the Brazilian savanna and its application to charcoal analysis. *Quaternary International*, 593–594, 138–149. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.10.025>
- Portal-Cahuana, L. A. (2022). Maderas tropicales de la Amazonía suroriental del Perú y su identificación anatómica macroscópica. *Tecnologia de Produtos Florestais: pesquisas e desenvolvimento*, 10.
- Pozo, L. L., Gomes, J. P., Cunha, M. R., & Prior, J. (2022). Insights into wood anatomy from charcoal remains: A tool for understanding tropical dry forest use. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 41, 103271. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.103271>

- Protti, C. L., Moya, E. V., Franco, M. J., Brea, M., & Prado, D. E. (2022). Anatomía de la madera y el carbón de *Anadenanthera colubrina* var. *colubrina* (Leguminosae, Caesalpinioideae).
- Quito, G., Quito, M., Urgiles, N., & Aguirre, Z. (2021). Productos forestales no maderables de origen vegetal de la parroquia Valladolid, cantón Palanda, provincia de Zamora Chinchipe. *Bosques Latitud Cero*, 11(1), 1–14.
<https://www.researchgate.net/publication/353600554>
- Robinson, H., & Mantuano, A. (2022). Vegetal en una comuna rural socioeconomic impact of charcoal production in a Resumen. 4, 397–410.
- Rojas, A., E. P. (2021). Adaptabilidad y mesomorfía de la madera de 21 especies forestales del Perú en función de su sistema conductivo.
- Rojas, H. D., Saab, M. A. Y., Espinosa Martínez, E. G. & Cabrera Padrón, N. (2023). Cadena de valor para la producción del carbón vegetal en Cuba. *RECAI Revista de Estudios En Contaduría, Administración e Informática*, 12(34), 1.
<https://doi.org/10.36677/recai.v12i34.20271>
- Romero G. (2018) Estado nutricional del pasto guinea (*Panicum maximun* jacq) asociado con faique (*Vachelia macracantha*) en un sistema silvopastoril en Jaén – Cajamarca (tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Romero, L. D. A. (2024). *Romero Láinez, D. A. (2024). Propagación y evaluación del prendimiento de muyuyo Cordia lutea para uso forrajero bajo diferentes dosis de enraizante en condiciones semiáridas de la comuna Río Verde provincia de Santa*

Elena (Bachelor's thesis, La Libertad, Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2024).

Rosero, A. J. (2011). Análisis dendrocronológico de tres especies forestales del Bosque Seco Ecuatorial Estacional.

Salazar, L. J. (2014). Caracterización físico-química de la semilla de sapote *Capparis scabrida* HBK de la zona de Motupe-Lambayeque.

Silva, L. A., Trugilho, P. F., & Rosado, S. C. S. (2022). Influence of physical-anatomical wood variables on charcoal physical-mechanical properties. *Wood Science and Technology*, 56, 1389–1405. <https://doi.org/10.1007/s00226-022-01426-3>

Solórzano, F. C.; Zúñiga, E. J. D.; Romaina, M. A. F.; Baylón, N. K. G. & Chávez, L. P. O. (2023). Análisis estadístico del impacto socioeconómico de la producción de carbón vegetal artesanal en la provincia de Coronel Portillo, Perú. *Investigacion Operacional*, 44(2), 264–270.

Soria, Z. D. G. (2022). Caracterización anatómica de cuatro especies forestales, procedentes del cantón Santo Domingo parroquia Alluriquín sector El Pilatón.

Stange, R., Vieira, H. C., Schutz, A. L., Stiegler, L. W., D'Angelo-Rios, P., Bolzon-de-Muniz, G. I. ... & Nisgoski, S. (2023). Anatomía al carbón de siete especies de un área de Bosque de Araucaria, sur de Brasil. *Bosque (Valdivia)*, 44(3), 655-666.

Ticllacuri-Mallqui, A., & Schneider, M. B. (2023). Marketing of Non-Timber Forest Products in Three Hamlets of the District of Jose Crespo Y Castillo, Huanuco. *Folia Amazonica*, 32(1), 1–8. <https://doi.org/10.24841/fa.v32i1.598>

- Tsuchikawa, S., & Kobori, H. (2015). A review of recent application of near infrared spectroscopy to wood science and technology. *Journal of Wood Science*, 61, 213-220.
- Trugilho, P. F., Rosado, S. C. S., & Silva, J. R. M. (2015). Influence of the wood physical properties on the charcoal physical and mechanical properties. *Ciência Florestal*, 25(1), 217–226. <https://doi.org/10.5902/1980509817474>
- Vásquez, R., Rojas, R., & Rengifo, E. (2012). *Manual de propagación de especies nativas de los bosques secos del Perú*. Proyecto Algarrobo, SERFOR.
- Villegas, Ch. E. A. (2019). Gestión administrativa de la Municipalidad Provincial de Anta departamento de Cusco, 2019.
- Wallace, M., & Charles, M. (2013). Identifying burnt wood taxa: Implications for charcoal assemblages in archaeological contexts. *Vegetation History and Archaeobotany*, 22(6), 543–550. <https://doi.org/10.1007/s00334-013-0397-1>
- Ziemińska, K., Westoby, M., & Wright, I. J. (2015). Broad anatomical variation within a narrow wood density range—A study of twig wood across 69 Australian angiosperms. *PLoS ONE*, 10(4), e0124892. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124892>
- Zhao, Z., Yang, X., Ge, Z., Guo, H., & Zhou, Y. (2021). Wood Microscopic Image Identification Method Based on Convolution Neural Network. *BioResources*, 16(3).
- Zhumi, Q. W. A. (2022). Descripción anatómica de la madera de tres especies forestales procedentes del cantón Chunchi provincia de Chimborazo.

CAPÍTULO VII ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Variable dependiente	Definición conceptual	Operacionalización	Indicador	Escala de medición
Carbón vegetal	Es un sólido de poca dureza, poroso, de color negro y alta fragilidad, su composición química está constituida de entre un 80% y 98% de carbono, y la diferencia restante de hidrógeno y oxígeno, es el producto del proceso de combustión anaeróbica de la madera (Achuandía, 2023)	Método directo	Densidad básica de la madera (Kg/cm³)	Razón
Variables independientes	Definición conceptual	Operacionalización	Indicador	Escala de medición
Características macroscópicas	Son las características observables utilizando instrumentos simples, están clasificadas en dos grupos: las organolépticas o sensoriales (grano, textura, brillo, dureza, olor, gusto y vetado) y las anatómicas relacionado con los anillos de crecimiento y distribución de los elementos celulares (radios parenquimáticos, vasos y parénquima axial) (Ccayanchira y Reyes, 2019).	Método propuesto por Goncalvez et al. (2015)	Xilema de la sección transversal (g/cm³)	Razón
Características microscópicas	Son las particularidades de los tejidos y de las células constituyentes de la xilema secundarios, frecuentemente definidos previamente en el examen macroscópicos, mas no pudieron ser visualizados ni analizadas sin el uso de microscopia óptica. En este nivel de observación, son considerados aspectos del leño, como: tipos de puntuaciones, composición celular de los radios parenquimáticos, dimensiones celulares, presencia de inclusiones inorgánicas (Ccayanchira y Reyes, 2019).			

Anexo 2. Panel fotográfico

Foto 1. *Georreferenciación de individuos muestreados*



Foto 2. *Muestras obtenidas para estudio*



Foto 3. *Colectas botánicas para la identificación taxonómica*



Foto 4. *Obtención de probetas para estudios anatómicos*

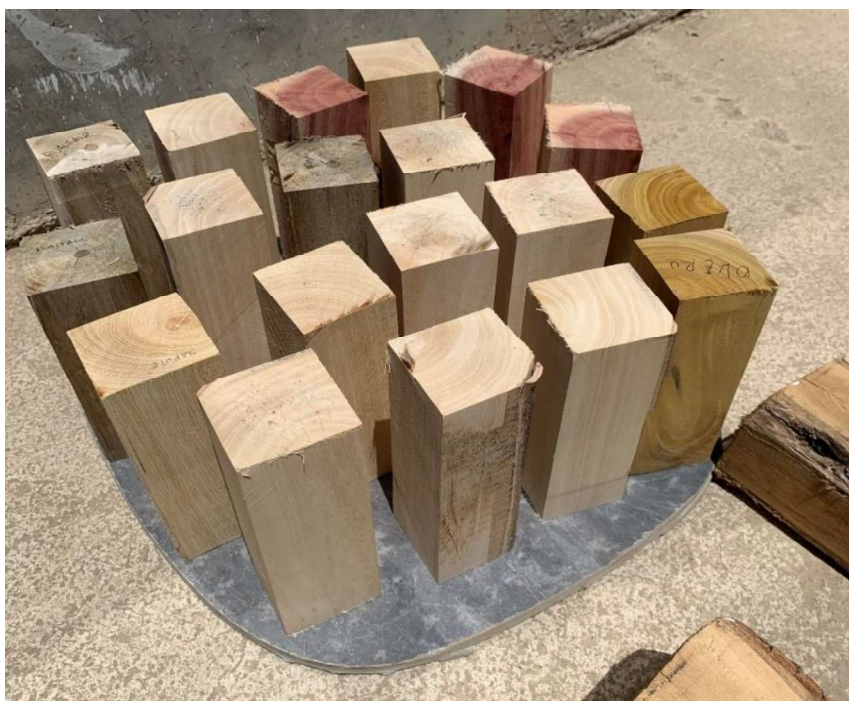


Foto 5. *Obtención de láminas de madera para estudios anatómicos*



Foto 6. *Procesamiento químico de muestras de madera*

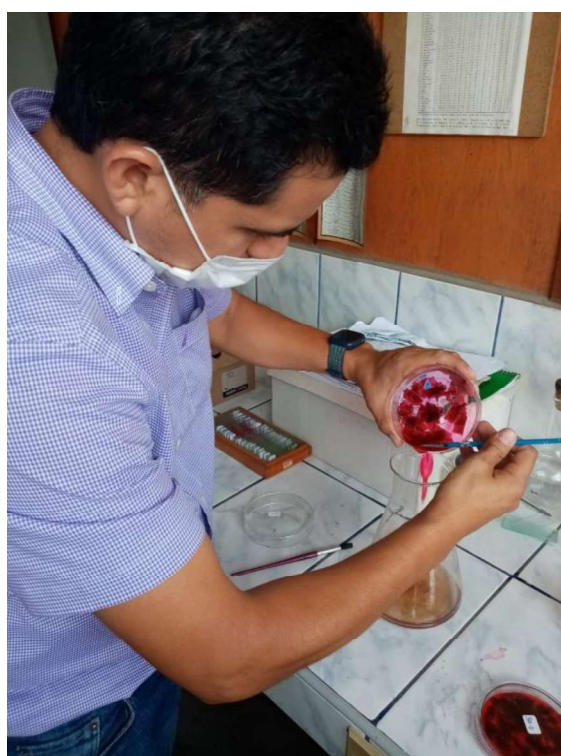
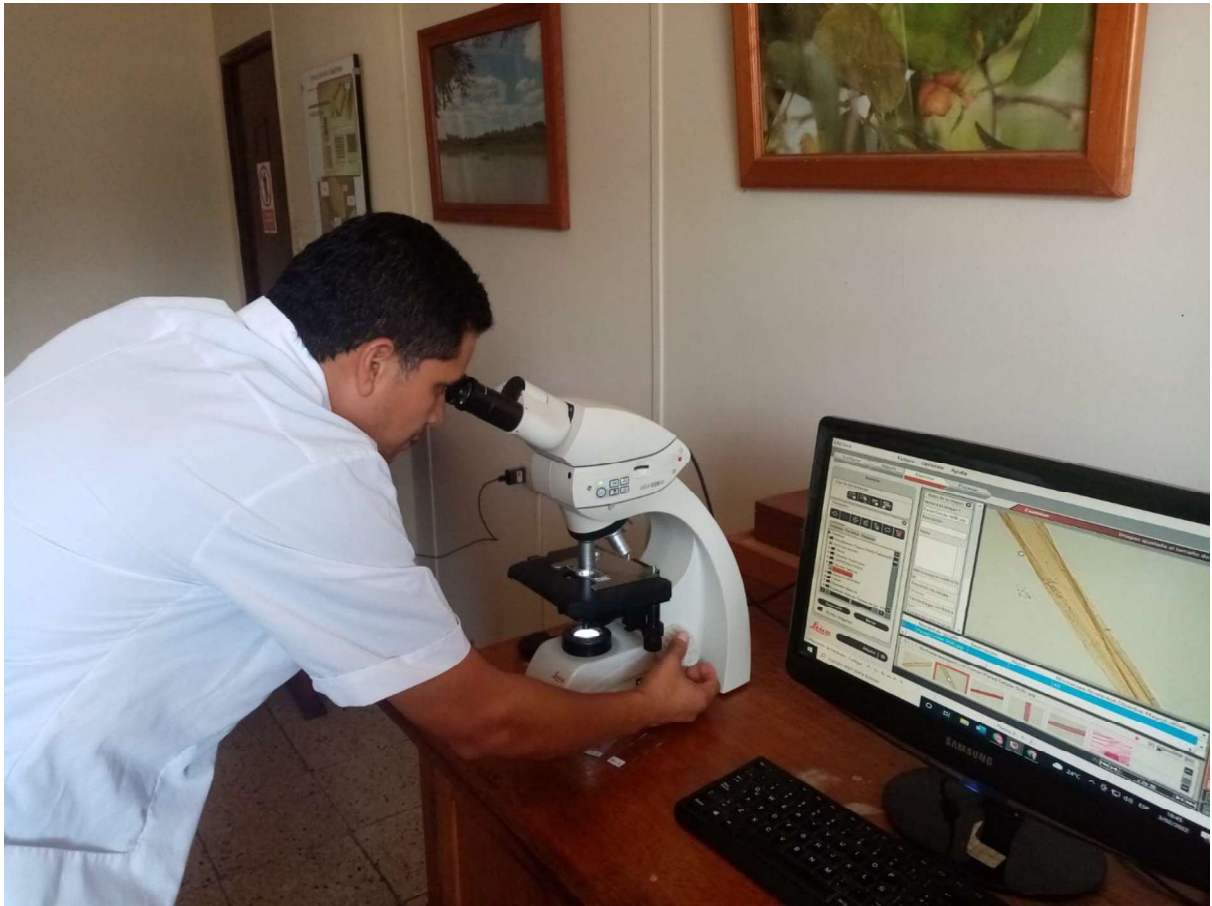


Foto 7. *Análisis microscópico de muestras de madera*





"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Magdalena Del Mar, 01 de Octubre del 2021

CARTA N° D001147-2021-MIDAGRI-SERFOR-DGGSPFFS

Señor

RONALD PAUL PALOMINO HEREDIA

Investigador

Mz. S1 Lote 4, etapa 20 Urb. Sol de Pimentel.

Distrito de Pimentel – Provincia de Chiclayo

Lambayeque.-

rppalominoh@gmail.com

Asunto : Remito RDG N° D000539-2021-MIDAGRI-SERFOR-DGGSPFFS

Referencia : Solicitud S/N (15/09/2021)

Es grato dirigirme a usted, con relación al documento de la referencia, mediante el cual solicitó la autorización con fines de investigación científica de flora silvestre, fuera de Áreas Naturales Protegidas, como parte del proyecto de tesis titulado: Caracterización anatómica de la madera y carbón de cinco especies forestales para su identificación.

Al respecto y de acuerdo a lo solicitado, emito para su conocimiento y fines, la Resolución de Dirección General N° D000539-2021-MIDAGRI-SERFOR-DGGSPFFS (29/09/2021), mediante la cual se resuelve otorgar a su favor la autorización con fines de investigación científica fuera de Áreas Naturales Protegidas, con colecta de flora silvestre, para su determinación taxonómica y caracterización anatómica, para realizar el proyecto de tesis titulado: Caracterización anatómica de la madera y carbón de cinco especies forestales para su identificación, a realizarse en la comunidad campesina Tongorrape, caserío de Tongorrape, distrito de Motupe, provincia y departamento de Lambayeque, considerándose como coordenadas UTM referenciales: Zona 17, 641088 E, 9326032 N; cuya vigencia se contabilizará desde el día siguiente hábil de su notificación.

Sin otro particular, expreso mis cordiales saludos.

Atentamente,

Documento firmado digitalmente

Miriam Mercedes Cerdán Quilliano

Directora General

Dirección General de Gestión Sostenible del

Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR

Exp. N° 2021-0033623



BICENTENARIO
PERÚ 2021

Av. Javier Prado Oeste N° 2442
Urb. Orrantía, Magdalena del Mar – Lima 17
T. (511) 225-9005
www.serfor.gob.pe

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: NYCQPTG

**SERFOR**

Firmado digitalmente por CERDAN
GUILIANO Miriam Mercedes FAU
20562836927 soft
Cargo: Directora General
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 29.09.2021 10:44:13 -05:00

RESOLUCIÓN DE DIRECCIÓN GENERAL

Magdalena Del Mar, 29 de Septiembre del 2021

RDG N° D000539-2021-MIDAGRI-SERFOR-DGGSPFFS

VISTOS:

La solicitud s/n, registrada con número de expediente 2021-0033623 de fecha 15 de septiembre de 2021, conteniendo la solicitud de autorización con fines de investigación científica, fuera de Áreas Naturales Protegidas, con colecta de flora silvestre, presentada por el señor **Ronald Paul Palomino Heredia** (en adelante, el administrado), identificado con DNI N° 42843063, tesista de la Universidad Nacional de Cajamarca - Filial Jaén y el Informe Técnico N° D0000248-2021-MIDAGRI-SERFOR-DGGSPFFS-DGSPF de fecha 28 de septiembre de 2021, y;

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 66° de la Constitución Política del Perú de 1993 establece que los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación; y el Estado es soberano en su aprovechamiento;

Que, el artículo 9° de la Ley N° 26821, Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los Recursos Naturales, establece que el Estado promueve la investigación científica y tecnológica sobre la diversidad, calidad, composición, potencialidad y gestión de los recursos naturales. Promueve, asimismo, la información y el conocimiento de los recursos naturales. Para estos efectos, podrán otorgarse permisos para investigación;

Que, mediante el artículo 13 de la Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, se creó el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR, como un organismo público técnico especializado con personería jurídica de derecho público interno, como pliego presupuestal adscrito al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego; artículo en el que además se señala que el SERFOR es la autoridad nacional forestal y de fauna silvestre, ente rector del Sistema Nacional de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre, constituyendo su autoridad técnico normativa a nivel nacional, encargada de dictar las normas y establecer los procedimientos relacionados a su ámbito;

Que, el artículo 137° de la precitada Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, declara de interés nacional realizar la investigación, el desarrollo tecnológico, la mejora del conocimiento y el monitoreo del estado de conservación del patrimonio forestal y de fauna silvestre de la Nación;

Que, el artículo 140° de la Ley en mención, señala que el SERFOR evalúa y otorga la autorización para extracción de recursos forestales y de fauna silvestre con fines de investigación científica cuando: (i) se incluye especies amenazadas^{1,2}, (ii) especies

¹ Decreto Supremo N° 043-2006-AG. Aprueban categorización de especies amenazadas de flora silvestre.

² Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI. Actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre.



RESOLUCIÓN DE DIRECCIÓN GENERAL

consideradas en los Apéndices de CITES³, (iii) se realiza acceso a recursos genéticos sin fines de lucro; y (iv) propósitos culturales;

Que, el Decreto Supremo N° 007-2013-MINAGRI del 18 de julio de 2013, y su modificatoria⁴, aprobó el Reglamento de Organización y Funciones-ROF del SERFOR, el mismo que en su literal "g" del artículo 53°, señala como una de las funciones de la Dirección General de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre, la de otorgar permisos de investigación o de difusión cultural con o sin colecta de flora y fauna silvestre y sus recursos genéticos;

Que, el Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI, que aprueba el Reglamento para la Gestión Forestal, regula el procedimiento de otorgamiento de autorizaciones con fines de investigación científica, señalando que la investigación del Patrimonio forestal, se aprueba mediante autorizaciones, salvaguardando los derechos del país respecto a su patrimonio genético nativo; y establecen para tal efecto los requisitos y consideraciones para su otorgamiento, de acuerdo con los lineamientos aprobados por el SERFOR, así como las obligaciones materia de cumplimiento por parte de la titular de la autorización;

Que, el precedente numeral del citado Reglamento para la Gestión Forestal es competencia del SERFOR la evaluación de la presente solicitud, toda vez que el proyecto lista especies categorizadas como amenazadas según la normativa vigente del D.S. N° 043-2006-AG, siendo las categorías de amenazas que se presenta en este caso: En Peligro Crítico (CR) y Casi Amenazado (NT);

Que, el literal g) del artículo 53° del Reglamento de Organización y Funciones – ROF del SERFOR, señala entre otros, que la Dirección General de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre, tiene la función de otorgar permisos de investigación o de difusión cultural con o sin colecta de flora y fauna silvestre, concordante con el numeral 5.3.2 de los lineamientos para el otorgamiento de la autorización con fines de investigación científica de flora y/o fauna silvestre;

Que, en el actual Texto Único de Procedimientos Administrativos - TUPA del SERFOR, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2016-MINAGRI y modificado por Resolución Ministerial N° 613-2016-MINAGRI, Resolución Ministerial N° 026-2019-MINAGRI y Resolución de Dirección Ejecutiva N° D000103-2020-MINAGRI-SERFOR-DE; no se contempla el procedimiento de autorización para realizar investigación científica fuera de ANP;

Que, en observancia del principio de impulso de oficio, el cual se encuentra previsto en el numeral 1.3 del artículo IV del Título Preliminar del Texto Único Ordenado - TUO de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, aprobado por Decreto Supremo N° 004-2019-JUS; se desprende que las autoridades deben dirigir e impulsar de oficio el procedimiento y ordenar la realización o práctica de los actos que resulten convenientes para el esclarecimiento y resolución de las cuestiones necesarias;

Que, el numeral 9° del ANEXO N° 1 del Reglamento para la Gestión Forestal, establece los requisitos para la solicitud de autorizaciones con fines de investigación de

³ Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

⁴ Decreto Supremo N° 016-2014-MINAGRI del 03 de setiembre del 2014

⁵ El numeral 9 del ANEXO N° 1 del Reglamento para la Gestión Forestal, establece los requisitos para la autorización con fines de investigación de flora, con o sin contrato de acceso a recursos genéticos, conforme la siguiente documentación:



RESOLUCIÓN DE DIRECCIÓN GENERAL

flora silvestre en concordancia con el numeral 6.6 de los lineamientos aprobados por Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR/DE, se establecen los siguientes requisitos para la autorización con fines de investigación científica fuera de ANP: i) Solicitud con carácter de declaración jurada que contenga información sobre el investigador, según formato; ii) Hoja de vida del investigador principal y plan de investigación, según formato; iii) Carta de presentación de los investigadores participantes, emitida por la institución académica u organización científica nacional o extranjera de procedencia; iv) Documento que acredite el consentimiento informado previo, expedido por la respectiva organización comunal representativa, de corresponder; y v) Documento que acredite el acuerdo entre las instituciones que respaldan a los investigadores nacionales y extranjeros, en caso la solicitud sea presentada por un investigador extranjero;

Que, a través del Decreto Supremo N° 008-2020-SA, publicado el 11 de marzo de 2020, se declaró en Emergencia Sanitaria a nivel nacional, por el plazo de noventa (90) días calendario, por la existencia del COVID-19; así como, por Decreto Supremo N° 020-2020-SA, Decreto Supremo N° 027-2020-SA, Decreto Supremo N° 031-2020-SA, Decreto Supremo N° 009-2021-SA y Decreto Supremo N° 025-2021-SA, la Emergencia Sanitaria fue ampliada hasta el 01 de marzo de 2022;

Que, mediante el Decreto Supremo N° 152-2021-PCM, se prórroga el Estado de Emergencia Nacional declarado mediante Decreto Supremo N° 184-2020-PCM, prorrogado por Decreto Supremo N° 201-2020-PCM, Decreto Supremo N° 008-2021-PCM, Decreto Supremo N° 036-2021-PCM, Decreto Supremo N° 058-2021-PCM, Decreto Supremo N° 076-2021-PCM, Decreto Supremo N° 105-2021-PCM, Decreto Supremo N° 123-2021-PCM, Decreto Supremo N° 131-2021-PCM y Decreto Supremo N° 149-2021-PCM, por el plazo de treinta y un (31) días calendario, a partir del viernes 1 de octubre de 2021, por las graves circunstancias que afectan la vida de las personas a consecuencia de la COVID-19;

Que, mediante la Cuarta Disposición Complementaria Transitoria del Decreto Legislativo N° 1497, publicado el 10 de mayo de 2020, se dispuso la suspensión hasta el 31 de diciembre de 2020, de la aplicación del numeral 134.3 del artículo 134 del TUO de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, respecto a la obligación de la presentación física del escrito o documentación por parte de los administrados; suspensión que por Decreto Supremo N° 205-2020-PCM, publicado el 30 de diciembre de 2020, fue prorrogada hasta el 31 de diciembre de 2021;

Que, a través de la Resolución Ministerial N° 0152-2020-MINAGRI, expedida el 28 de junio de 2020, se aprobó los "Protocolos Sanitarios ante el COVID-19, para las actividades del Sector Agricultura y Riego", los que en Anexo forma parte el "Protocolo Sanitario Sectorial ante el COVID-19 en la Actividad Forestal";

Que, mediante solicitud s/n, registrada de fecha 15 de septiembre de 2021, el administrado, en calidad de investigador principal, solicitó a la Dirección General de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre, la autorización con

- Solicitud con carácter de declaración jurada dirigida a la autoridad competente, según formato, que contenga hoja de vida del investigador principal, relación de investigadores y el Plan de Investigación.
- Carta de presentación de los investigadores participantes expedida por la institución científica de procedencia.
- Documento que acredite el consentimiento informado previo, expedido por la respectiva organización comunal representativa, de corresponder.
- Documento que acredite el acuerdo entre las instituciones que respaldan a los investigadores nacionales y extranjeros, en caso la solicitud sea presentada por un investigador extranjero.

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave:

T0B50NB



RESOLUCIÓN DE DIRECCIÓN GENERAL

finde investigación científica de flora silvestre, fuera de Áreas Naturales Protegidas, como parte del proyecto de tesis titulado: **Caracterización anatómica de la madera y carbón de cinco especies forestales para su identificación;**

Que, mediante correo electrónico de fecha 18 de septiembre de 2021, se remitió a la dirección del administrado (rppalominoh@gmail.com) las observaciones referidas al plan de investigación, siendo las siguientes: 1) contar con la autorización de ingreso a territorios comunales para realizar la investigación, ya que el área de estudio se encuentra dentro de comunidades campesinas, 2) aclarar el periodo que contempla la investigación con referencia a lo citado en la solicitud y en el numeral 8, recomendándose con ello señalar el periodo requerido para la ejecución del estudio a nivel de número de meses, 3) incluir en las actividades citadas en la tabla del cronograma de trabajo la entrega del informe final, 4) implementar las medidas establecidas en la normativa vigente referido al protocolo sanitario ante el COVID-19 en la actividad forestal;

Que, mediante comunicación electrónica recibida el 20 de septiembre de 2021, el administrado remitió las respuestas a las precisiones efectuadas, para lo cual indica lo siguiente: 1) remite la autorización de ingreso a la Comunidad Campesina Tongorrape, 2) no precisa el periodo que requiere para el desarrollo de la investigación, 3) incluye las medidas con referencia a lo que aplique la normativa vigente sobre el protocolo sanitario ante el COVID-19 en la actividad forestal;

Que, mediante correo electrónico recibido el 24 de septiembre de 2021, el administrado precisa que el periodo solicitado para el desarrollo de su investigación es de once (11) meses

Que, a través del Informe Técnico N° D0000248-2021-MIDAGRI-SERFOR-DGGSPFFS-DGSPF, elaborado por la Dirección de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal (DGSPF) y emitido en fecha 28 de septiembre de 2021, se desprende que, el administrado absolvió las observaciones realizadas inicialmente, concluyendo que, la solicitud de investigación científica de flora silvestre cumple con los requisitos exigidos en el numeral 9 del Anexo N° 1 del Reglamento para la Gestión Forestal y con los "Lineamientos para el otorgamiento de la autorización con fines de investigación científica de flora y/o fauna silvestre", aprobado mediante Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR/DE, así como con las condiciones mínimas, que toma en cuenta los registros de información disponibles al interior del Estado;

Que, asimismo, se considera viable el plazo propuesto para el desarrollo de las actividades con fines de investigación, esto es, por el periodo de once (11) meses, recomendándose la aprobación de la referida solicitud de investigación científica de flora silvestre, en el marco del proyecto de tesis titulado: **Caracterización anatómica de la madera y carbón de cinco especies forestales para su identificación;**

Que, finalmente, en dicho informe se señala que la investigación permitirá incrementar el conocimiento en la identificación a nivel anatómico de la madera y carbón de especies forestales del bosque seco en la región Lambayeque, lo cual puede contribuir y convertirse en una herramienta clave, para mejorar la supervisión y manejo del recurso forestal en estos bosques;



RESOLUCIÓN DE DIRECCIÓN GENERAL

Que, por otro lado, el artículo 158° del Reglamento para la Gestión Forestal, aprobado mediante Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI, establece como obligaciones del investigador en flora silvestre las siguientes:

- a. No extraer especímenes, ni muestras biológicas, de flora silvestre no autorizada; no ceder los mismos a terceras personas, ni utilizarlos para fines distintos a lo autorizado.*
- b. Entregar al SERFOR un informe final en idioma español, incluyendo una versión digital en el mismo idioma, como resultado de la autorización otorgada, así como copia de las publicaciones producto de la investigación realizada, e indicar el número de la Autorización en las publicaciones generadas. Esta información es ingresada al SNIFFS.*
- c. Depositar el material colectado en una institución científica nacional depositaria de material biológico, así como entregar al SERFOR la constancia de dicho depósito. En casos debidamente justificados, y siempre que el material colectado no constituya holotipos ni ejemplares únicos, el depósito se podrá realizar en una institución distinta a la mencionada; para ello se requiere la autorización del SERFOR.*
- d. Incluir a por lo menos un investigador nacional, cuando la autorización de investigación sea requerida por extranjeros.*
- e. Incluir en las publicaciones el reconocimiento correspondiente al investigador nacional que participó en la investigación, en caso la autorización haya sido otorgada a investigadores extranjeros."*

Que, asimismo, en el marco de la autorización otorgada, el administrado considerará los siguientes compromisos:

- a. Comunicar con la debida anticipación a la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre Lambayeque del SERFOR, el ingreso y salida a campo.*
- b. Indicar el número de la resolución en las publicaciones generadas a partir de la autorización concedida.*

Que, por otro lado, el artículo 100 del Reglamento para la Gestión Sostenible de Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre en Comunidades Nativas y Comunidades Campesinas, señala lo siguiente:

"Investigaciones científicas realizadas dentro de las tierras de comunidades campesinas y comunidades nativas"

Toda investigación científica en materia forestal y de fauna silvestre a realizarse dentro de tierras de comunidades campesinas o comunidades nativas, requiere de la autorización expresa de la comunidad y autorización otorgada por la autoridad correspondiente. (...)"

Que, en adición a ello, debemos precisar que, la presente autorización no habilita el ingreso a predios privados, en cuyos casos, deberán gestionar la autorización de ingreso correspondiente ante la autoridad o titular del área, según corresponda;

Que, en ese sentido, en caso la ejecución de la investigación comprenda el ingreso a territorios de Comunidades Campesinas o Comunidades Nativas, previamente deberá solicitarse la autorización correspondiente, para lo cual la presente investigación cuenta con la autorización de ingreso al territorio comunal de la Comunidad Campesina Tongorrape;



RESOLUCIÓN DE DIRECCIÓN GENERAL

comunicada al SERFOR dentro del plazo de vigencia de la presente resolución.

Artículo 8.- La presente autorización no habilita la exportación de muestras botánicas, en caso se requiera realizar esta actividad, el administrado y el equipo de investigadores identificados en la presente resolución, podrá gestionar el correspondiente Permiso de Exportación ante la Dirección General de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre del SERFOR. Los ejemplares únicos de los grupos taxonómicos colectados y holotipos sólo podrán ser exportados en calidad de préstamo.

Artículo 9.- Notificar la presente Resolución de Dirección General al señor **Ronald Paul Palomino Heredia**, a efectos de que tome conocimiento de su contenido. Asimismo, informarle que, de creerlo conveniente, tiene el derecho de interponer los recursos impugnativos contemplados en el TUO de la Ley N° 27444, dentro del plazo de quince (15) días hábiles más el término de la distancia, en caso corresponda, contados a partir del día siguiente de notificada la misma.

Artículo 10.- Remitir la presente resolución a la Dirección General de Información y Ordenamiento Forestal y de Fauna Silvestre, a la Dirección de Control de la Gestión del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre; a la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre Lambayeque del SERFOR; para su conocimiento y fines pertinentes.

Artículo 11.- Disponer la publicación de la presente Resolución en el Portal Web del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre: www.serfor.gob.pe.

Regístrese y comuníquese,

Documento firmado digitalmente

Miriam Mercedes Cerdán Quillano
Directora General
Dirección General de Gestión Sostenible del
Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre
Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR