



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA MADERA DE CINCO ESPECIES FORESTALES PROCEDENTES DE LA PARROQUIA MULTITUD, CANTÓN ALAUSÍ, PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTORA: JENNYFER MARISOL ALVARADO UGSIÑA

DIRECTOR: Ing. EDUARDO PATRICIO SALAZAR CASTAÑEDA MSc.

Riobamba – Ecuador

2021

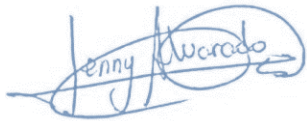
© 2021, Jennyfer Marisol Alvarado Ugsiña

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Jennyfer Marisol Alvarado Ugsiña, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 06 de septiembre de 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Jenny Alvarado". The signature is stylized with loops and a horizontal line crossing through the middle.

Jennyfer Marisol Alvarado Ugsiña
060469409-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA MADERA DE CINCO ESPECIES FORESTALES PROCEDENTES DE LA PARROQUIA MULTITUD, CANTÓN ALAUSÍ, PROVINCIA DE CHIMBORAZO**, realizado por la señorita: **JENNYFER MARISOL ALVARADO UGSIÑA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

Ing. Eduardo Patricio Salazar Castañeda MSc.
**DIRECTOR DE TRABAJO DE
TITULACIÓN**

EDUARDO
PATRICIO
SALAZAR
CASTAÑEDA

Firmado digitalmente
por EDUARDO
PATRICIO SALAZAR
CASTAÑEDA
Fecha: 2021.08.30
16:22:28 -05'00'

2021-09-06

Ing. Carlos Francisco Carpio Coba MSc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

 Firmado electrónicamente por:
**CARLOS
FRANCISCO
CARIO COBA**

2021-09-06

DEDICATORIA

A Dios por permitirme alcanzar mis metas, darme fuerzas para no desmayar y por hacer de mí una persona de bien y responsable. A mis padres, Carmita Ugsiña Cajilema y Gonzalo Alvarado Ambi por siempre apoyarme en las decisiones que he tomado, por sus palabras de aliento, por su tiempo para escucharme y por ser los más rectos y sacrificados padres. A mi padre con gran tristeza siempre recordado, por convertirse en mi ángel protector y permitir que su luz y sabiduría brille en sus hijos. A mis queridos hermanos, Liliana, Alison y Edwin por darme tantas alegrías, confianza y ser mis grandes amigos.

Demás familiares que me han demostrado su cariño y respeto.

Jennyfer

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la fortaleza y las ganas de salir adelante que ha implicado conseguir una de mis anheladas metas. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a su planta docente y administrativa, en especial a la Escuela de Ingeniería Forestal, por acogerme y permitirme conseguir una formación profesional. Un sincero agradecimiento al Ing. Eduardo Salazar, Ing. Carlos Carpio, Ing. Jorge Caranqui e Ing. Anita Cunachi por ser una guía para el desarrollo y culminación de este trabajo de titulación, por compartir sus conocimientos y por su paciencia. A los señores Gonzalo Miranda y Elizabeth Salazar, por la apertura en su finca para la realización de esta investigación.

Jennyfer

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1. El bosque.....	4
1.2. Recurso forestal maderero.....	4
1.3. Herbario.....	4
1.4. Importancia de la identificación botánica.....	4
1.5. La madera.....	5
1.5.1. <i>Tipos de madera</i>	5
1.5.1.1. <i>Maderas blandas</i>	5
1.5.1.2. <i>Maderas duras</i>	5
1.5.1.3. <i>Maderas resinosas</i>	5
1.5.2. <i>Estructura de la madera</i>	5
1.5.3. <i>Planos o secciones de la madera</i>	7
1.5.4. <i>Propiedades de la madera</i>	7
1.5.4.1. <i>Propiedades físicas</i>	7
1.5.5. <i>Anatomía de la madera</i>	8
1.5.5.1. <i>Vasos</i>	8
1.5.5.2. <i>Inclusiones en los vasos</i>	9
1.5.5.3. <i>Poros</i>	9
1.5.5.4. <i>Porosidad</i>	11
1.5.5.5. <i>Parénquima</i>	11
1.5.5.6. <i>Fibras</i>	12
1.5.5.7. <i>Radios</i>	13
1.5.5.8. <i>Traqueidas</i>	14
1.5.5.9. <i>Placas de perforación</i>	14

1.5.6.	<i>Técnicas histológicas vegetales</i>	14
1.5.6.1.	<i>Tinciones</i>	14
1.5.7.	<i>Características macroscópicas u organolépticas de la madera</i>	15
1.5.7.1.	<i>Color</i>	15
1.5.7.2.	<i>Olor y sabor</i>	16
1.5.7.3.	<i>Brillo</i>	16
1.5.7.4.	<i>Grano</i>	16
1.5.7.5.	<i>Textura</i>	17
1.5.7.6.	<i>Veteado</i>	17
1.5.8.	<i>Densidad de la madera</i>	17
1.5.8.1.	<i>Determinación de la densidad</i>	18
1.5.9.	<i>Potencial de Hidrógeno de la madera (pH)</i>	18

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	20
2.1.	Área de estudio	20
2.2.	Características del lugar	20
2.2.1.	<i>Localización</i>	20
2.2.2.	<i>Ubicación Geográfica</i>	21
2.2.3.	<i>Condiciones meteorológicas</i>	21
2.2.4.	<i>Clasificación ecológica</i>	21
2.2.5.	<i>Topografía y Suelos</i>	21
2.3.	Materiales y equipos	22
2.3.1.	<i>Materiales de campo</i>	22
2.3.2.	<i>Materiales de oficina</i>	22
2.3.3.	<i>Materiales de laboratorio</i>	22
2.4.	Metodología	22
2.4.1.	<i>Reconocimiento del área de estudio</i>	22
2.4.2.	<i>Colecta de muestras dendrológicas</i>	23
2.4.3.	<i>Movilización y prensado de las muestras dendrológicas</i>	23
2.4.4.	<i>Identificación</i>	23
2.4.5.	<i>Etiquetado y montaje de las muestras dendrológicas</i>	23
2.4.6.	<i>Determinación de las características anatómicas</i>	23
2.4.6.1.	<i>Descripción e identificación de las estructuras anatómicas</i>	25
2.4.6.2.	<i>Análisis estadístico para las características anatómicas</i>	25

2.4.7.	<i>Determinación de las características organolépticas</i>	25
2.4.8.	<i>Determinación de la densidad</i>	26
2.4.9.	<i>Determinación del potencial de Hidrógeno</i>	26

CAPITULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	27
3.1.	Identificar dendrológicamente las cinco especies forestales en estudio	27
3.1.1.	<i>Descripción dendrológica de las especies</i>	27
3.2.	Determinar las características anatómicas, organolépticas y la densidad	30
3.2.1.	<i>Características anatómicas</i>	30
3.2.1.1.	<i>Ciclos de ablandamiento</i>	30
3.2.1.2.	<i>Determinación del tinte para definir características anatómicas</i>	31
3.2.1.3.	<i>Descripción de las características anatómicas por cada especie y plano de estudio</i> ...	32
3.2.1.4.	<i>Análisis estadístico de las características anatómicas</i>	43
3.2.2.	<i>Características organolépticas</i>	46
3.2.3.	<i>Densidad</i>	54
3.3.	Determinar el pH de las muestras maderables de las cinco especies	55
	CONCLUSIONES	57
	RECOMENDACIONES	58
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Clasificación de la madera de acuerdo a su densidad.....	18
Tabla 1-3:	Identificación dendrológica de las especies en estudio	27
Tabla 2-3:	Ciclos de ablandamiento por especie.....	30
Tabla 3-3:	Estructuras anatómicas observadas en función al tinte plano transversal	31
Tabla 4-3:	Estructuras anatómicas observadas en función al tinte plano tangencial	31
Tabla 5-3:	Estructuras anatómicas observadas en función al tinte plano radial.....	32
Tabla 6-3:	Características microscópicas de las cinco especies forestales en estudio	42
Tabla 7-3:	Porcentaje de poros de las cinco especies (100% el total contado).....	43
Tabla 8-3:	Prueba Tukey $p \leq 0,05\%$, promedio perímetro poros solitarios	43
Tabla 9-3:	Prueba Tukey $p \leq 0,05\%$, número poros solitarios de las especies	44
Tabla 10-3:	Prueba Tukey $p \leq 0,05\%$, número poros múltiples de 2 de las especies	44
Tabla 11-3:	Prueba Tukey $p \leq 0,05\%$, número poros múltiples de 3 de las especies	45
Tabla 12-3:	Prueba Tukey $p \leq 0,05\%$, número poros múltiples de 4 de las especies	45
Tabla 13-3:	Características macroscópicas de las cinco especies forestales.....	52
Tabla 14-3:	Densidad en estado seco de las especies forestales en estudio	54
Tabla 15-3:	Densidad en estado verde de las especies forestales en estudio	54
Tabla 16-3:	Relación aserrín/agua destilada y pH de las cinco especies	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Partes de la sección del tronco	6
Figura 2-1:	Planos de la madera	7
Figura 3-1:	Esquema de un vaso.....	9
Figura 4-1:	Clasificación de los poros por su agrupación.....	10
Figura 5-1:	Porosidad de la madera	11
Figura 6-1:	Tipos de radios.....	13
Figura 7-1:	Tipos de grano en la madera	16
Figura 8-1:	Escala del pH	19
Figura 1-2:	Georreferenciación del área de estudio y de los individuos seleccionados.....	21
Figura 1-3:	Sección transversal de <i>Mauria suaveolens</i>	32
Figura 2-3:	Sección tangencial de <i>Mauria suaveolens</i>	33
Figura 3-3:	Sección radial de <i>Mauria suaveolens</i>	33
Figura 4-3:	Sección transversal de <i>Croton lechleri</i>	34
Figura 5-3:	Sección tangencial de <i>Croton lechleri</i>	35
Figura 6-3:	Sección radial de <i>Croton lechleri</i>	35
Figura 7-3:	Sección transversal de <i>Juglans neotropica</i>	36
Figura 8-3:	Sección tangencial de <i>Juglans neotropica</i>	37
Figura 9-3:	Sección radial de <i>Juglans neotropica</i>	37
Figura 10-3:	Sección transversal de <i>Nectandra obtusata</i>	38
Figura 11-3:	Sección tangencial de <i>Nectandra obtusata</i>	39
Figura 12-3:	Sección radial de <i>Nectandra obtusata</i>	39
Figura 13-3:	Sección transversal de <i>Pouteria lucuma</i>	40
Figura 14-3:	Sección tangencial de <i>Pouteria lucuma</i>	41
Figura 15-3:	Sección radial de <i>Pouteria lucuma</i>	41
Figura 16-3:	Características macroscópicas de <i>Mauria suaveolens</i>	47
Figura 17-3:	Características macroscópicas de <i>Croton lechleri</i>	48
Figura 18-3:	Características macroscópicas de <i>Juglans neotropica</i>	49
Figura 19-3:	Características macroscópicas de <i>Aegiphila monticola</i>	50
Figura 20-3:	Características macroscópicas de <i>Pouteria lucuma</i>	52

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PRUEBA DE NORMALIDAD SHAPIRO WILKS DE ACUERDO AL PROMEDIO DEL PERÍMETRO DE POROS SOLITARIOS DE LAS CINCO ESPECIES FORESTALES ESTUDIADAS
- ANEXO B:** ANÁLISIS DE VARIANZA (SC TIPO III) DEL PROMEDIO DEL PERÍMETRO DE POROS SOLITARIOS DE LAS CINCO ESPECIES FORESTALES ESTUDIADAS
- ANEXO C:** PRUEBA DE NORMALIDAD SHAPIRO WILKS DE ACUERDO AL NÚMERO DE POROS SOLITARIOS DE LAS CINCO ESPECIES FORESTALES EN ESTUDIO
- ANEXO D:** ANÁLISIS DE VARIANZA (SC TIPO III) POROS SOLITARIOS DE ACUERDO AL NÚMERO DE POROS DE LAS CINCO ESPECIES EN ESTUDIO
- ANEXO E:** PRUEBA DE NORMALIDAD SHAPIRO WILKS DE ACUERDO AL NÚMERO DE POROS MÚLTIPLES DE 2 DE LAS CINCO ESPECIES FORESTALES EN ESTUDIO
- ANEXO F:** ANÁLISIS DE VARIANZA (SC TIPO III) POROS MÚLTIPLES DE 2 DE ACUERDO AL NÚMERO DE POROS DE LAS CINCO ESPECIES EN ESTUDIO
- ANEXO G:** PRUEBA DE NORMALIDAD SHAPIRO WILKS DE ACUERDO AL NÚMERO DE POROS MÚLTIPLES DE 3 DE LAS CINCO ESPECIES FORESTALES EN ESTUDIO
- ANEXO H:** ANÁLISIS DE VARIANZA (SC TIPO III) POROS MÚLTIPLES DE 3 DE ACUERDO AL NÚMERO DE POROS DE LAS CINCO ESPECIES EN ESTUDIO
- ANEXO I:** PRUEBA DE NORMALIDAD SHAPIRO WILKS DE ACUERDO AL NÚMERO DE POROS MÚLTIPLES DE 4 DE LAS CINCO ESPECIES FORESTALES EN ESTUDIO
- ANEXO J:** ANÁLISIS DE VARIANZA (SC TIPO III) POROS MÚLTIPLES DE 4 DE ACUERDO AL NÚMERO DE POROS DE LAS CINCO ESPECIES EN ESTUDIO
- ANEXO K:** IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO Y COLECCIÓN DE SUS MUESTRAS DENDROLÓGICAS
- ANEXO L:** PRENSADO DE LAS MUESTRAS FÉRTILES

- ANEXO M:** COORDENADAS PROYECTADAS UTM ZONA 17S, DATUM WGS84, DE LA UBICACIÓN DE LAS ESPECIES
- ANEXO N:** FORMATO DE CAMPO UTILIZADO PARA LA COLECCIÓN DE MUESTRAS DENDROLÓGICAS
- ANEXO O:** ESPECIE *MAURIA SUAVEOLENS* POEPP & ENDL
- ANEXO P:** ESPECIE *CROTON LECHLERI* MUELL. ARG
- ANEXO Q:** ESPECIE *JUGLANS NEOTROPICA* DIELS
- ANEXO R:** ESPECIE *NECTANDRA OBTUSATA* ROHWER
- ANEXO S:** ESPECIE *POUTERIA LUCUMA* (R. & P.) O. KUNTZE
- ANEXO T:** PROBETAS PARA CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO
- ANEXO U:** ABLANDAMIENTO DE LAS MUESTRAS EN EL AUTOCLAVE
- ANEXO V:** CORTE DE LAS LÁMINAS HISTOLÓGICAS EN EL MICRÓTOMO
- ANEXO W:** TINCIÓN DE LAS LÁMINAS HISTOLÓGICAS
- ANEXO X:** OBSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS EN EL MICROSCOPIO
- ANEXO Y:** PESAJE Y MEDICIÓN DE LAS PROBETAS PARA DETERMINAR LA DENSIDAD
- ANEXO Z:** LECTURA DE PH
- ANEXO AA:** DETERMINACIÓN DEL COLOR DE LA MADERA CON LA TABLA DE MUNSELL
- ANEXO BB:** MUESTRAS MADERABLES PARA LA COLECCIÓN DE LA XILOTECA
- ANEXO CC:** PERMISO DE INVESTIGACIÓN OTORGADO POR EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y AGUA
- ANEXO DD.** CERTIFICADO OTORGADO POR EL HERBARIO DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

RESUMEN

En esta investigación se propuso describir las propiedades físicas y químicas de la madera de cinco especies forestales procedentes de la Parroquia Multitud, Cantón Alausí, Provincia de Chimborazo, con la finalidad de identificar su importancia y valor agregado. Las especies en estudio fueron identificadas en el Herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (CHEP). Para la descripción de las propiedades físicas, específicamente de las características anatómicas, se sometió a un proceso de ablandamiento en el autoclave 5 prismas por cada especie, de 2 cm de arista, se realizó cortes micrométricos en los planos transversal, tangencial y radial, tras la tinción y montaje de las láminas, se realizó la descripción de características anatómicas en base a la nomenclatura establecida por la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera (IAWA), se realizó el análisis estadístico de las variables cantidad y perímetro de los poros. Para las características organolépticas, se realizó una tabla comparativa de las características identificadas mediante los órganos de los sentidos. Para la determinación de la densidad, se pesaron cinco prismas, con un calibrador se tomó los datos respectivos, para aplicar la fórmula de la densidad. Para la determinación del potencial de Hidrógeno (pH), se pesó aserrín y se consiguió obtener una mezcla homogénea con agua destilada, se tomó la medida del pH. De acuerdo al análisis estadístico, la mayor cantidad de poros y mayor densidad, está atribuida a *Mauria suaveolens* con poros pequeños y la menor cantidad y densidad a *Croton lechleri* con poros grandes, al ser especies de distintas familias tienen diferentes características organolépticas, 3 de las especies presentan corteza lenticelada, se determinó que las 5 especies tienen pH ligeramente ácido. Se recomienda identificar las especies con muestras fértiles, desarrollar investigaciones complementarias con el estudio anatómico de la madera y utilizar la combinación safranina/astrablue para investigaciones posteriores.

Palabras clave: ESPECIES FORESTALES – HERBARIO - CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS - CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS – DENSIDAD – POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS

Firmado digitalmente por LUIS
ALBERTO CAMINOS VARGAS
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, l=RIOBAMBA,
serialNumber=0602766974,
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS VARGAS
Fecha: 2021.11.09
10:59:38 -05'00'



1921-DBRA-UTP-2021

SUMMARY

The purpose of this research was to describe the physical and chemical properties of the wood of five forest species from Multitud Parish, Alausí Canton, Province of Chimborazo, in order to identify their importance and added value. The species under study were identified in the Herbarium of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (CHEP). For the physical properties, specifically the anatomical characteristics, were exposed to a softening process in order to 5 prisms of 2 cm of edge for each species, micrometric cuts were made in the transversal, tangential and radial planes, after staining and mounting of the slides, the description of the anatomical characteristics was carried out based on the nomenclature established by the International Association of Wood Anatomists (IAWA), the statistical analysis of the variables quantity and perimeter of the pores was performed. For the organoleptic characteristics, a comparative table was made of the identified characteristics by means of the sense organs. senses. For the density determination, five prisms were weighed and the respective data was taken with a calibrator. For the determination of the potential of hydrogen (pH), sawdust was weighed and a homogeneous mixture was obtained with distilled water, the pH measurement was taken. According to the statistical analysis, the greater amount of pores and higher density is attributed to *Mauria suaveolens* with small pores and the lowest quantity and density to *Croton lechleri* with large pores, being species from different families, they have different organoleptic characteristics, 3 of the species have lenticelated bark, it was determined that the 5 species have a slightly acid pH. It is suggested to identify the species with fertile samples, to develop complementary research with the anatomical study of the wood and the use of the safranin/astrablue for further researches.

Key words: FOREST SPECIES - HERBARIAN - ANATOMICAL CHARACTERISTICS – ORGANOLEPTIC CHARACTERISTICS - DENSITY –POTENCIAL OF HYDROGEN (pH)

INTRODUCCIÓN

El Ecuador es un país diverso en cuyos ecosistemas, según el Catálogo de las Plantas Vasculares del Ecuador, se han documentado 15901 especies, de las cuales 595 son introducidas y 15306 especies nativas. De las 15306 especies, 4173 son especies endémicas del Ecuador (Jørgensen & León-Yáñez, 1999, p. 1).

Existen 5172 plantas útiles de acuerdo al Libro de Plantas Útiles del Ecuador, evidenciando que tres de cada diez especies forestales que crecen en el país, tienen alguna utilidad para la población ya sea medicinal o materiales de construcción, oleaginosas para obtener aceites y distintos usos maderables (Bravo, 2014, p. 61-63).

El sector forestal es muy importante en la economía de una región dado que los bosques suministran madera y diversos servicios ecosistémicos, es así que la demanda de productos forestales depende de la demanda de los productos secundarios como: madera aserrada, papel, cartón, estructuras para construcción, entre otros (Davies et al., 2013, p. 2) pero con escasas estrategias para lograr un aprovechamiento sostenible de dicho recurso forestal.

(Rendle, 1932) citado por (Armijos, 2019, p. 21) señala que el vínculo entre la silvicultura y la botánica es la anatomía de la madera, ya que el estudio de los árboles mediante sus características morfológicas logra la identificación y clasificación taxonómica, la madera estudiada desde sus características microscópicas permite llegar a un nivel de clasificación e identificación taxonómica. Tomando en cuenta el número total de especies forestales existentes en el Ecuador, el número de publicaciones sobre la anatomía de las maderas es muy escaso.

Para garantizar la sostenibilidad de los bosques, es necesario realizar un aprovechamiento óptimo de la madera, para ello se requiere estudiar las características anatómicas, propiedades físicas, químicas y mecánicas de la madera para de esta manera generar soluciones con la finalidad de optimizar su uso ya que cada especie presenta características únicas.

IMPORTANCIA

Ante el emergente mercado de productos forestales, la opción de estudiar anatómicamente la estructura de la madera es una solución para abarcar un campo más amplio de materia prima que

será utilizada en la industria forestal además permite la generación de una base para que las industrias transformadoras definan sus mercados potenciales y sus procesos de transformación.

Con el objetivo además de obtener un valor agregado a los productos del bosque se propone estudiar las propiedades físicas y químicas de las especies forestales para incrementar la productividad y el aprovechamiento de un mayor número de especies y así elevar los niveles de rendimiento frente a los desperdicios y utilización de técnicas de explotación de bajo impacto.

PROBLEMA

La alta demanda de madera hace que la explotación forestal en el Ecuador se incremente y con ello la disminución de las poblaciones de las maderas de alto valor comercial, dejando de lado otras maderas con características similares o superiores a las habituales por la escasez de estudios que evidencien sus buenas características y su aplicabilidad en distintos campos industriales del sector forestal ecuatoriano.

La industria ecuatoriana ha extendido su campo de producción y utilización de las especies forestales, que en su gran mayoría no cuentan con evaluaciones de sus propiedades físicas, químicas y mecánicas, por lo que no se identifican sus verdaderos usos. El aprovechamiento y producción de subproductos del componente forestal en el cantón Alausí se da de una manera monótona, con especies sobreexplotadas como pino y eucalipto, por ello es necesario determinar las características físicas y químicas de otras especies del lugar en estudio para que esta visión de producción sea enfocada en conseguir el valor agregado que ameritan.

El escaso conocimiento de características como el olor, color, veteado, textura, densidad de la madera, limita la visión de una producción enfocada en conseguir un valor agregado que merecen las especies forestales, por la diversidad de subproductos o características que las hace de mayor calidad. A partir de una muestra maderable, es difícil saber hasta qué nivel puede ser identificada, siendo un problema para actividades como el control forestal o la supervisión en centros de acopio de la madera.

JUSTIFICACIÓN

Al ser la madera, la materia prima indispensable para un sinnúmero de actividades, se requiere ejecutar un aprovechamiento sostenible y óptimo de los bosques, además poseer un conocimiento de sus características macroscópicas, microscópicas, físicas, mecánicas que expresan la utilidad y caracterización propia de las maderas, es por ello que la presente investigación pretende

determinar las propiedades físicas y químicas de la madera de cinco especies forestales para contribuir a los estudios tecnológicos y así generar un cambio en la actividad productiva forestal permitiendo: aprovechar la potencialidad forestal del Ecuador, brindar un conocimiento tecnológico para la industrialización de la madera y asegurar la calidad y rentabilidad de los productos obtenidos de las especies de interés comercial en el país.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar las propiedades físicas y químicas de la madera de cinco especies forestales procedentes de la Parroquia Multitud, Cantón Alausí, Provincia de Chimborazo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar dendrológicamente las cinco especies forestales en estudio.
- Determinar las características anatómicas, organolépticas y la densidad de las cinco especies forestales.
- Determinar el pH de las muestras maderables de las cinco especies.

HIPÓTESIS

HIPÓTESIS NULA - HO

Las propiedades físicas y químicas de la madera de las cinco especies forestales estudiadas son iguales en el estudio.

HIPÓTESIS ALTERNATIVA – HL

Las propiedades físicas y químicas de la madera de las cinco especies forestales estudiadas son diferentes.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. El bosque

Conjunto de árboles con altura superior a 5 metros distribuidos por más de 0,5 hectáreas, con una cobertura del dosel superior a 10%, excluidas tierras dedicadas al uso urbano o agrícola. Incluye las áreas temporalmente desprovistas de árboles debido a diferentes prácticas (FAO, 2015, p. 3).

1.2. Recurso forestal maderero

El recurso forestal maderero del Ecuador se encuentra favorecido debido a las condiciones climatológicas del lugar que permiten el crecimiento de especies forestales conformando grandes zonas para su aprovechamiento, este recurso es el medio de industrialización obtenido de bosques naturales y plantados, a partir del cual se logra obtener varios bienes o servicios para ser aprovechados por el ser humano en su beneficio y satisfacción de sus necesidades (Sánchez, 2015, p.42).

1.3. Herbario

Es el lugar donde se almacenan colecciones de especímenes vegetales en estado seco y preservado, ordenados y ubicados de acuerdo a un sistema taxonómico definido. Es aquí donde se encuentran muestras que permiten identificar la morfología, geología y filogenia del lugar donde proceden, es por esto que un herbario también puede denominarse como un muestrario representativo de un lugar, zona o país (Caranqui, 2011, p. 1).

1.4. Importancia de la identificación botánica

La diversidad y dinámica de las especies vegetales exigen sistematizar los procedimientos utilizados para identificar un organismo vegetal y no solo con el nombre común como generalmente se los conoce, así mismo las técnicas de identificación botánica al ser aplicadas con el rigor requerido permiten identificar una nomenclatura científica con la cual se puede trabajar a nivel científico (Méndez & Rifá, 2011, pp. 111-112).

El proceso de identificación botánica permite además conocer si las especies a ser aprovechadas se encuentran en peligro de extinción o prohibidas, con el propósito de garantizar la conservación de los especímenes (Oliva et al., 2015, párr. 1).

1.5. La madera

De acuerdo con Aguilar & Guzowski (2011, p.7), es un material biológico que mayormente se encuentra en el tronco del árbol y que económicamente puede ser aprovechada, dicho material se caracteriza por su porosidad y resistencia, siendo diferente en comparación con otros materiales de construcción y mostrando diversas ventajas.

La madera está compuesta por numerosas células que cumplen diversas funciones debido a su distribución en distinto modo (Nutsch, 1996, p.22).

1.5.1. Tipos de madera

1.5.1.1. Maderas blandas

Según (Carpio, 2010, pp.11-12), son aquellas que generalmente tienen un color en diferentes tonos claros y proceden de lugares fríos, perteneciendo a este grupo algunas variedades de pinos y coníferas. Los defectos que comúnmente presentan son podredumbre y carcoma es por ello que se requiere tratarlas previamente.

1.5.1.2. Maderas duras

Por otra parte, las maderas duras son típicas de lugares templados y tropicales, a diferencia de las maderas blandas, presentan una textura y color muy variados. Tienen distintas características que las hace más costosas y más apreciadas como por ejemplo excelente trabajabilidad, durabilidad, resistencia y belleza, entre otras (Carpio, 2010, pp.11-12).

1.5.1.3. Maderas resinosas

Este tipo de maderas, de acuerdo con (Marin, 2017, p.3) se consideraría como una subdivisión de las maderas blandas pero con características mecánicas superiores a las mismas, mientras que (López, 2015, p. 3) añade que poseen gran resistencia a la humedad, característica que permite diversificar sus usos, su uso más frecuente es en la elaboración de papel.

1.5.2. Estructura de la madera

La estructura de la madera del fuste de adentro hacia afuera según (Giménez et al., 2005, pp. 6-7), se detalla de la siguiente manera:

Corteza: la corteza externa también llamada ritidoma o corteza muerta se encuentra revistiendo el tronco mientras que la corteza interna denominada floema o corteza viva está formada por varios tejidos que conducen la savia elaborada, de forma general la corteza brinda protección al individuo de agentes externos.

El estudio de la corteza de las especies forestales es importante ya que dicha estructura en muchos casos permite diferenciarlas unas de otras y de las cuales también se pueden obtener resinas, taninos, alimento o productos farmacéuticos.

Cámbium: entendido como una capa de células que constantemente se dividen para formar xilema y floema, se encuentra dispuesta en filas radiales, término utilizado para los dos meristemas laterales: cámbium vascular y suberoso.

Albura: puede ser identificada a nivel macroscópico, es una estructura compuesta por células vivas y gran cantidad de agua que da rigidez al árbol, es la parte más expuesta del árbol una vez talado y ligeramente menos resistente que el duramen.

Duramen: se encuentra ubicado entre la médula y la albura, de coloración más oscura que la última debido algunas modificaciones celulares químicas y anatómicas, se encuentra formado por almidón removido o constituido en células del duramen, su formación ocurre por el envejecimiento del árbol. Tiene una durabilidad natural por excelencia a comparación con la albura.

Médula: es la parte central del tronco del árbol formada por células tubulares deshidratadas y con gran cantidad de resinas.

Anillos de crecimiento: denominados también anillos anuales, en lugares con clima templado representan un incremento anual del árbol, permiten identificar si el crecimiento fue rápido o lento y las temporadas que beneficiaron o retrasaron dicho crecimiento.

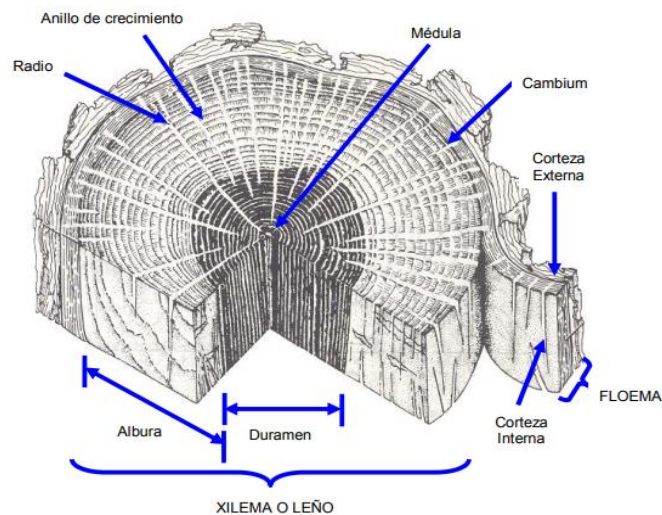


Figura 1-1: Partes de la sección del tronco

Fuente: Chavesta, 2012

1.5.3. Planos o secciones de la madera

Al ser un material muy heterogéneo requiere que su estudio tanto macroscópico como microscópico se realice en 3 secciones (García, 2003, p. 16), las mismas que se detallan a continuación:

Plano Transversal: aquel plano cuya disposición se encuentra perpendicular al eje del tronco o de la rama.

Plano Radial: pasa por el eje y un radio de la rama o tronco, en este plano se pueden observar los anillos de crecimiento.

Plano Tangencial: paralelo a un plano tangente al tronco o al anillo de crecimiento, aquí se pueden observar las estrías que producen los vasos cuando son de un diámetro considerable.

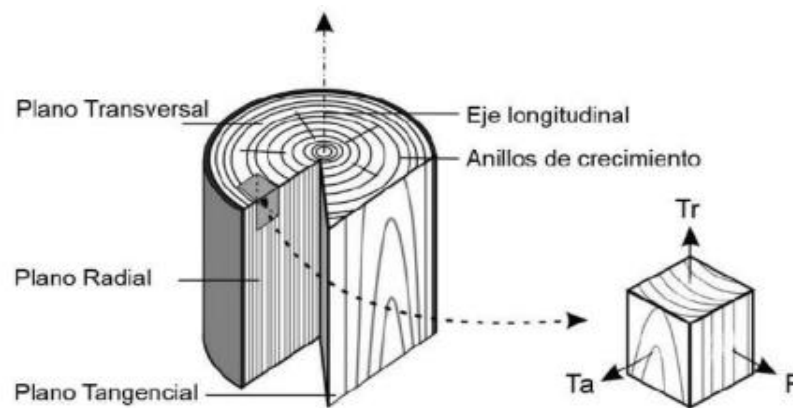


Figura 2-1: Planos de la madera

Fuente: Feijoo et.al., 2018

1.5.4. Propiedades de la madera

La madera a pesar de ser de un mismo árbol o de la misma especie, varía en cuanto a sus propiedades debido a la heterogeneidad y biología de dicho material, es por ello que para definir las propiedades se deben asignar rangos ya sea en las propiedades físicas, químicas o mecánicas. La variabilidad de las propiedades se da entre especies, dentro de la misma especie, entre árboles y dentro del árbol en los planos axial y radial (Monteoliva, 2009, p.2).

La importancia de identificar las propiedades de la madera radica en que la aptitud de una especie para ser utilizada de diferentes formas depende de las propiedades, siendo necesario determinarlas como un promedio representativo del árbol.

1.5.4.1. Propiedades físicas

La Asociación de Investigación de las Industrias de la Madera (AITIM, 2015, p. 5) define a las propiedades físicas como el conjunto de propiedades que determinan el comportamiento de la

madera frente a los factores del medio natural, sin modificar química o mecánicamente su estructura.

Dentro de estas propiedades están las que determinan su comportamiento como las siguientes:

- Iluminación, color, brillo, textura
- Posibilidad de emitir partículas gaseosas (olor)
- A la gravedad (peso específico, densidad, porosidad)
- A la acción de la corriente eléctrica (conductividad y resistencia eléctrica)

De entre ellas las más importantes son: contenido de humedad, porosidad y densidad.

1.5.5. Anatomía de la madera

Ciencia que juega un papel muy importante dentro de la taxonomía y en el campo investigativo de las especies forestales, su principal aporte es la identificación de plantas leñosas en base a características del xilema, siendo la anatomía de maderas y la taxonomía vegetal independientes la una de la otra (Mora & León, 2019, p. 46).

Según Valderrama (1998, p.6), la anatomía de la madera puede dividirse en dos tipos dependiendo el fin, es así que presenta la anatomía descriptiva y la tecnológica, siendo la primera la encargada de estudiar las características de la madera para lograr identificar una especie, por otro lado la anatomía tecnológica estudia la influencia de la estructura anatómica en las propiedades tecnológicas de la madera para solucionar problemas de secado, preservado, trabajabilidad, usos y demás.

En resumen, la anatomía de la madera persigue los siguientes objetivos:

- Conocer los usos de la madera y darle un uso correcto
- Determinar e identificar especies
- Prever el comportamiento del leño/madera en procesos industriales
- Evaluar la aptitud tecnológica de la madera

En la estructura microscópica es importante determinar que la madera de las coníferas es homogénea y la madera de las latifoliadas heterogénea así como también que su estructura interna es más especializada que de las coníferas o gimnospermas (Giménez et al., 2005, p.35).

1.5.5.1. Vasos

Son el principal elemento para diferenciar las latifoliadas de las coníferas, puesto que están presentes solo en las primeras, son células del xilema cuyas paredes finales no tienen membranas y están perforadas, también es considerado como un conjunto vertical de células que forman una estructura tubular de longitud indeterminada cuya función es conducir líquidos de la madera (Giménez et al., 2005, p. 45).

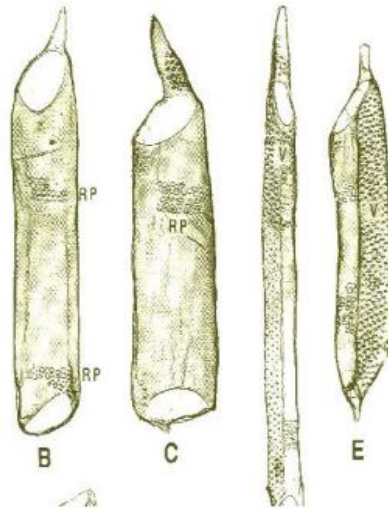


Figura 3-1: Esquema de un vaso

Fuente: Giménez et al., 2005

1.5.5.2. Inclusiones en los vasos

Lluncor (2011, p.5) señala a las inclusiones como masas amorfas que taponan o cubren los vasos u otros elementos de la madera, su presencia afecta en la preservación, trabajabilidad y secado de las maderas y estos son:

Tílido o tilosis: penetración de una célula parenquimatosa que se introduce en el vaso a través de un par de punteaduras y obstruyen el lumen del mismo, toman un aspecto brillante macroscópicamente.

Gomas: material orgánico constituido por varios compuestos químicos y generalmente de color amarillo, marrón a castaño o rojizo.

Sílice: compuesto inorgánico presente en algunas maderas de efecto abrasivo y que degrada el filo de las herramientas de corte.

Cristales: Depósitos de sales de calcio en su mayoría, principalmente oxalato de calcio encontrado en células parenquimáticas (MAE & FAO, 2014, p. 164).

1.5.5.3. Poros

Los vasos en la sección transversal se denominan poros que son estructuras importantes para la identificación de las especies ya que esta depende de su abundancia, disposición, distribución, tamaño y agrupamiento (Giménez et al., 2005, p. 48).

En algunos casos estos elementos conductores de savia tienen un gran tamaño en diámetro y longitud que permite ser observados a simple vista o con la realización de un pequeño corte en la

madera, su apariencia según (Vignote & Martínez, 2006, p. 93) depende del corte en el que se los observe y es la siguiente:

Apariencia en el corte transversal: se observan como pequeños agujeros, en esta sección se recomienda realizar un corte con una cuchilla para mejor visualización.

Apariencia en el corte longitudinal: pequeñas rajitas de unas décimas de mm de ancho y varios mm de longitud.

La apariencia y disposición de los poros es diferente en cada especie, por lo general se presentan agrupados a lo largo de los anillos de crecimiento o completamente con una distribución difusa.

Tipos de poros

Hay dos tipos de poros más reconocidos poros solitarios y múltiples y estos a su vez tienen subdivisiones (Gonzales, 2008, pp. 31-32).

Poros solitarios: tipo de poro totalmente rodeado por elementos de otro tipo, sin contacto con otro poro.

Poros múltiples: son grupos de dos o más poros compactos y achatados a lo largo de su borde o líneas de contacto, su estructura es similar a subdivisiones de un solo poro.

Dentro de los poros múltiples (Giménez et al., 2005, p. 50) menciona la siguiente clasificación:

Poros múltiples radiales: forman cadenas de 2 o más poros en dirección paralela a los radios.

Poros múltiples tangenciales: cuando los poros forman cadenas de 2 o más poros en dirección perpendicular a los radios.

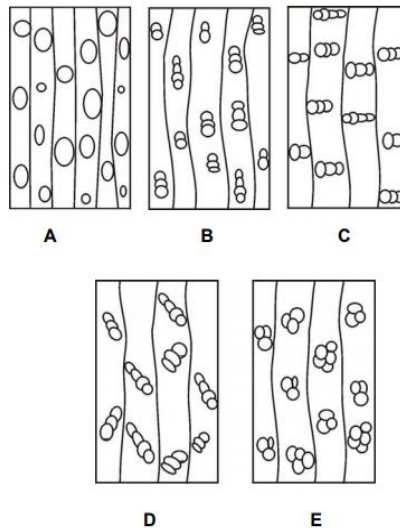


Figura 4-1: Clasificación de los poros por su agrupación: A) Solitarios; B) Múltiples radiales; C) Múltiples tangenciales; D) Múltiples diagonales; E) Múltiples racemiformes

Fuente: Giménez et al., 2005

1.5.5.4. Porosidad

Definida como la disposición de los poros en la madera y de acuerdo con (Giménez et al., 2005, pp. 52-53) se clasifica en:

Difusa: los poros se encuentran distribuidos sin ningún ordenamiento.

Uniforme: distribución dispersa uniformemente a lo largo de los anillos de crecimiento.

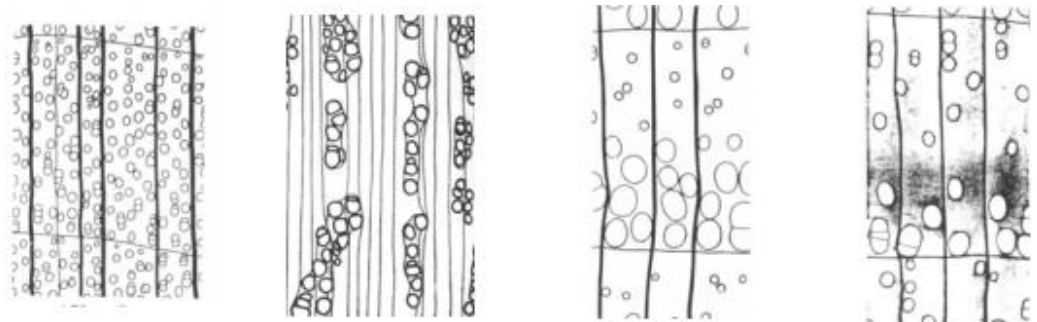
No uniforme: poros dispersos desigualmente a lo largo de los anillos de crecimiento.

Porosidad circular: cuando los poros presentan una brusca disminución de su diámetro dentro de los anillos de crecimiento.

Porosidad semicircular: disminución gradual del diámetro de los poros en el anillo de crecimiento, los poros forman bandas alternas con poros grandes y otros de menor tamaño.

Poros en hileras radiales: cuando los poros forman hileras en el mismo sentido de los radios.

Poros en hileras tangenciales: los poros siguen una dirección perpendicular a los radios.



A –difusa uniforme

b- difusa no uniforme

c -circular

d-semicircular

Figura 5-1: Porosidad de la madera

Fuente: Giménez et al., 2005

1.5.5.5. Parénquima

Lluncor (2011, p. 6) menciona que es un tejido de color más claro que las fibras, formado por células cortas de paredes delgadas y que tienen como funciones almacenar, distribuir y segregar sustancias orgánicas.

Su forma de agrupamiento es importante en la identificación de las especies forestales (Gonzales, 2008, p. 26-30), encontrándose los siguientes tipos:

Parénquima apotraqueal: cuando las células del parénquima se encuentran de forma aislada de los poros, es decir, de manera independiente. Este tipo de parénquima puede tener una forma:

Difuso: cuando las células individuales del parénquima se encuentran en forma dispersa sin ningún contacto con los poros.

En bandas: cuando las células del parénquima forman bandas y a la vez se subdivide en:

- **Bandas o líneas delgadas:** cuando el parénquima forma bandas muy delgadas continuas o irregulares.

- **Bandas anchas:** cuando las células del parénquima forman bandas anchas de espesor más o menos uniforme.

Reticulado: formado en la sección transversal por los radios y las bandas regularmente espaciadas de parénquima longitudinal, formando un diseño parecido a una red.

Parénquima Paratraqueal: cuando las células del parénquima rodean parcial o totalmente a los poros.

- **Vasicéntrico:** cuando el parénquima se encuentra rodeando totalmente al poro de forma circular u ovalada, el número de células que rodean a los poros puede ser de una o más hileras de células.

- **Aliforme:** cuando la estructura parenquimática rodea totalmente a los poros en forma de alas.

Parénquima marginal: bandas de parénquima que se ubican en los límites superior o inferior de los anillos de crecimiento.

Parénquima radial: tipo de parénquima que conforma los radios, pueden denominarse radios medulares o radios leñosos de acuerdo al lugar donde se originan ya sea en la médula o en un momento cualquiera a partir de la actividad del cambium, forman líneas claras a lo largo de los anillos de crecimiento (Baraño et al., 2008, p.26).

- **Uniseriados:** o angostos las células parenquimáticas forman radios en una sola línea vistos desde el corte transversal y pueden ser altos o bajos dependiendo la cantidad de células.

- **Multiseriados angostos:** cuando más de una línea de células parenquimáticas forman radios y también pueden ser altos o bajos.

- **Multiseriados anchos:** aquellos radios formados por muchas líneas de células parenquimáticas que igualmente pueden ser altos o bajos.

1.5.5.6. Fibras

Estructura presente solamente en latifoliadas a manera de células alargadas y estrechas que conforman gran porcentaje de la madera y cuya función es la de sustentación, tiene gran influencia sobre algunas variables como peso específico, grado de variación volumétrica e indirectamente en las propiedades mecánicas de la madera, reciben el nombre de fibras septadas cuando en algunas especies, las cavidades de las fibras se dividen en pequeños compartimentos (Giménez et al., 2005, pp. 57-58).

Para Suirezs (2012, p.7) las fibras tienen forma de huso su forma, longitud y tamaño varían dependiendo la especie, incluso dentro de un árbol puede variar entre madera juvenil, madera

madura, temprana, tardía y de acuerdo a la altura del tronco desde el suelo, es decir, influye lo genético y lo local.

1.5.5.7. Radios

Son elementos claves para la identificación y diferenciación de las especies forestales así como para la determinación de las propiedades de contracción de la madera, se encuentran más desarrollados en la raja de las frondosas esto hace que se presenten de manera discontinua, es así que la resistencia a la raja en la sección radial es inferior que en la tangencial y esta diferencia es más marcada cuanto más abundantes y desarrollados sean los radios leñosos (García, 2003, p. 17).

Para (Giménez et al., 2005: pp. 59-60) los radios y el parénquima axial son los principales elementos para diferenciar las especies dentro del gran grupo de las latifoliadas, los radios pueden ser:

Homogéneos: formados por un solo tipo de células generalmente formado por células horizontales o procumbentes.

Heterogéneos: conformado por más de un tipo de células entre ellas procumbentes, cuadradas o en diversas combinaciones.

Ambos tipos de radios pueden ser uniseriados o multiseriados dependiendo del número de hileras de células en la sección tangencial.

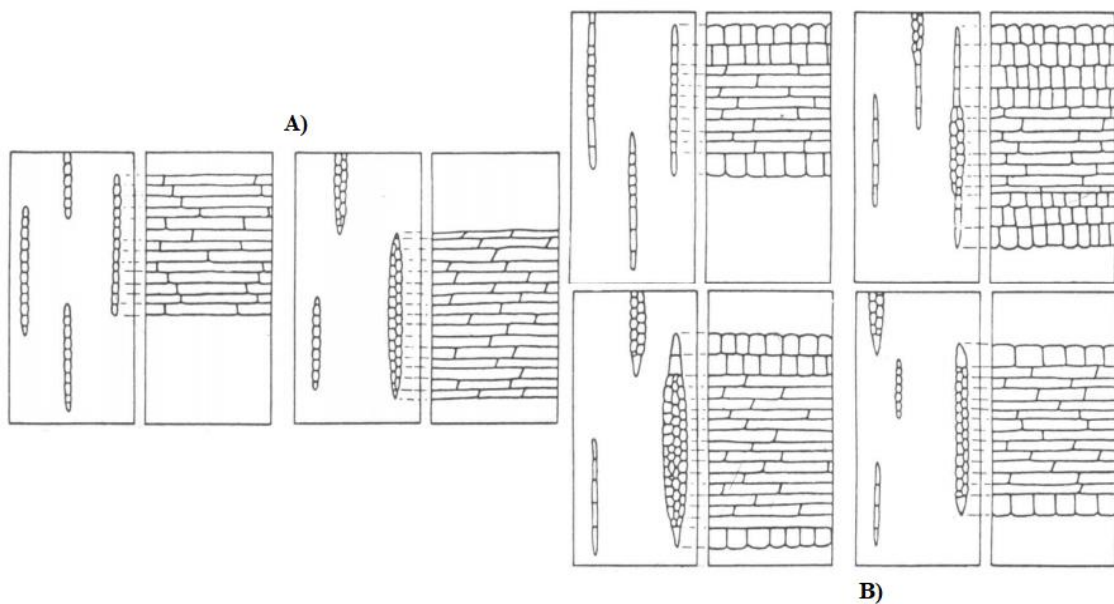


Figura 6-1: Tipos de radios A) Radios homogéneos; B) Radios heterogéneos

Fuente: Giménez et al., 2005

1.5.5.8. Traqueidas

Estructuras testigo de la evolución del Reino Vegetal, existen dos tipos traqueidas vasculares y vasicéntricas, siendo las primeras pequeños elementos de vasos de leño tardío con extremos no perforados y puntuaciones areoladas en sus paredes que se organizan en series verticales y tienen la función de conducción; mientras que las segundas están formadas por células más cortas e irregulares de extremos redondeados y asociadas al parénquima axial (Giménez et al., 2005, p. 64).

1.5.5.9. Placas de perforación

Perforaciones que presentan en los extremos, los elementos vasculares y según (MAE & FAO, 2014, p. 165) pueden ser:

- **Simple:** pueden servir para caracterizar familias enteras, se presentan con más frecuencia que otros tipos de placas, presenta una sola y gran perforación.
- **Escaliformes:** con numerosas perforaciones en una sola placa, dispuestas en series paralelas.
- **Reticulada:** cuando las perforaciones, de una misma placa, están dispuestas en forma de red.

1.5.6. Técnicas histológicas vegetales

Los tejidos vegetales presentan una composición que no tiene contraste ni colores que permitan diferenciar sus estructuras al ser observadas al microscopio, es por ello que los materiales vegetales extraídos deben ser sometidos a procedimientos y técnicas histológicas hasta obtener las condiciones para dicha observación (Albornoz, 2006, p. 1).

Para (Perícola et al., 2006, p. 2) las técnicas histológicas y las coloraciones químicas se emplean en distintos campos por ejemplo para estudiar las adaptaciones de los vegetales, reconocimiento de los tejidos vegetales y su relación con el ambiente, estudio de las adaptaciones bajo alguna de las concepciones de la evolución, estructura y función de los tejidos vegetales en relación a sus características morfológicas y químicas y adaptaciones anatómicas de los vegetales relacionadas con las condiciones ambientales.

1.5.6.1. Tinciones

A pesar de que las plantas poseen gran cantidad de pigmentos naturales como clorofila y carotenos y que estos podrían permitir su observación directa con el microscopio, es necesario teñir el material vegetal con ciertos compuestos químicos que al reaccionar con las estructuras generan una coloración característica, es así que (Albornoz, 2006, pp. 11-12) define algunos tipos de colorantes como:

Generales: método más tóxico y requiere la fijación previa del material, con este tipo de colorantes se utilizan las técnicas de coloración simple o directa y técnicas combinadas, dentro de los colorantes de este tipo está la safranina y el azul astrá (astrablue).

- **safranina:** el fraccionamiento para su uso consiste en diluir parte de esta solución stock en volúmenes iguales de agua destilada o alcohol 50°, el tiempo de exposición de los cortes va desde unos minutos hasta media hora y su coloración obtenida es duradera. Con este colorante las paredes secundarias lignificadas se tiñen de rojo intenso y la cutícula, el parénquima color rosado y no es recomendable para la detección de lignina (Albornoz, 2006, p. 13).

- **azul Astrá o astrablue:** es un tinte para oligo-polisacáridos como la sacarosa en muestras vegetales y tiñe de color azul cobalto las paredes celulósicas, de acuerdo con (Feijoo, Ramón & Pucha, 2018, p. 21) tiñe las estructuras de celulosa o no lignificadas de color azul, como su sustituto se puede utilizar azul de metileno.

- **Combinación safranina/ astrablue:** esta combinación es simultánea y crea excelentes contrastes entre diferentes tipos de paredes celulares, en donde la safranina tiñe las estructuras de células lignificadas de color rojo y el Astrá blue tiñe las estructuras no lignificadas de color azul (Feijoo, Ramón & Pucha, 2018, p. 21).

Es recomendable utilizar una proporción 1:1 de los tintes sin haber necesidad de utilizar uno tras otro sino mezclarlos y teñir las diferentes estructuras de forma simultánea.

Vitales: poco tóxicos y no afectan la vida celular utilizados en soluciones muy diluidas.

1.5.7. Características macroscópicas u organolépticas de la madera

Son aquellas que se observan con diez aumentos o a simple vista como comúnmente se lo denomina (lupas con aumento hasta de 10x), esta estructura contribuye fácilmente a observar las diferencias entre coníferas y algunas frondosas distinguiendo elementos como: duramen, albura, anillos de crecimiento, radios, entre otros (AITIM, 2015, p.3).

Incluye el estudio de los caracteres perceptibles con los órganos de los sentidos (Moglia et al., 2014, p. 22). Las características macroscópicas están incluidas en 2 categorías (Lluncor, 2011, p.3):

Características estructurales: albura, duramen, anillos de crecimiento.

Características organolépticas: sabor, color, olor, brillo o lustre, textura, grano, peso específico, dureza, veteado.

1.5.7.1. Color

Es la característica más evidente al observar la madera a simple vista, las variedades de tonos en que se presenta se deben a la presencia de gomas, resinas y taninos en el interior de sus células, generalmente en la sección transversal es claramente notoria la diferencia entre la albura y el duramen, siendo la primera más clara que la otra. Esta característica varía dependiendo del estado

de la madera ya sea en estado verde o seco, es recomendable realizar un cepillado de la muestra maderable y determinar el color de la misma (Moglia et al., 2014, p.22).

1.5.7.2. Olor y sabor

Características causadas por la presencia de sustancias volátiles que en la mayoría de especies se concentran más en el duramen, debido a dicha volatilidad disminuyen cuando la madera está expuesta y pueden ser recuperadas cuando se realiza un raspado o corte o en cierto punto humedeciendo la pieza (Vásquez & Ramírez, 2011, p. 9).

1.5.7.3. Brillo

Denominado también lustre, es la capacidad de la madera de reflejar la luz en las superficies longitudinales, en sentido de los radios y de las fibras. Aunque en algunas especies el reflejo del brillo puede tomar distintas direcciones, se considera una característica estética que incrementa el valor de la madera, puede clasificarse como: alto, medio y bajo (Moglia et al., 2014, p.23).

1.5.7.4. Grano

Característica observable en los planos tangencial, longitudinal y radial debido a los vasos, parénquimas, fibrotraqueidas, esta característica influye en el comportamiento físico y mecánico de la madera así como en su trabajabilidad (Ccayanchira & Reyes, 2019, p. 13).

Según (Chavesta, 2012, pp. 9-10), el grano se lo clasifica de la siguiente manera:

Grano recto: cuando la dirección de los elementos leñosos forma ángulos rectos con respecto al eje del árbol.

Grano oblicuo: cuando la dirección de los elementos leñosos forma ángulos agudos con respecto al eje del árbol.

Grano entrecruzado: cuando la dirección de los elementos leñosos se encuentra alterna u opuesta haciendo que la separación de la madera sea difícil.



Figura 7-1: Tipos de grano en la madera

Fuente: Chavesta, 2012

1.5.7.5. *Textura*

Es una característica determinada por tamaño, distribución y proporción de los poros, parénquima y fibras, debe ser observada en la sección transversal de la madera y es de gran importancia en el acabado de la madera (Lluncor, 2011, p. 7).

Vásquez & Ramírez (2011, p. 11) clasifican a la textura en 3 tipos:

Gruesa: cuando los poros son visibles a simple vista y son elementos constitutivos grandes, un parénquima en gran proporción y radios anchos.

Media: tanto poros, parénquima y radios son medianos y poco observables a simple vista y existe abundancia regular del tejido fibroso.

Fina: distribución difusa de los elementos constitutivos y muy pequeños, no observables a simple vista, parénquima escaso observando a simple vista una estructura homogénea y uniforme.

1.5.7.6. *Veteado*

Definido por la veta que es originada por la disposición de los elementos constitutivos de la madera, de su tamaño y de su abundancia en la superficie longitudinal. Esta característica depende del tipo de grano, así como también de la sección de corte, generalmente de acuerdo con (Gonzales, 2008, p.24) el veteado se clasifica en:

Arcos superpuestos: estructuras definidas por los anillos de crecimiento asemejando la forma de arcos uno sobre otro y distinguibles en la sección transversal.

Bandas paralelas: generada por la alternancia de grupos de fibras y poros, orientados en direcciones levemente diferentes y observables en la sección radial.

Jaspeado: se forma como un efecto visual que causa el contraste entre brillo y el color de los radios alternados con zonas fibrosas, se presenta en la sección radial.

1.5.8. *Densidad de la madera*

La densidad de la madera es una de las propiedades físicas y la más importante en cuanto a la industria forestal, es una variable interesante porque permite saber la cantidad de carbono que la planta destina al costo de construcción, esta propiedad varía dentro de la planta, durante el ciclo de vida de la planta y entre individuos de la misma especie, las partes que presentan densidades más bajas son las ramas y las partes exteriores del tronco y los valores más altos se encuentran más cercanos a la médula del tronco (Chave, 2006, p. 1).

Para Rodríguez (2008, p. 26) la densidad también conocida como peso específico se define como la relación entre el peso de una muestra y su volumen, medidos con el mismo grado de humedad y se encuentra definido por la expresión: $Pe = \text{Peso}/\text{Volumen}$

La densidad es una propiedad que depende del tamaño de las células, espesor de sus paredes y la interacción entre el número de células de diferentes tipos, es decir, dependen de la anatomía de la madera (León, 2010, p. 68).

1.5.8.1. Determinación de la densidad

Se consideran métodos destructivos y no destructivos, el método a utilizar dependerá de la precisión requerida para el trabajo y de la especie a ensayar, es así que el método más utilizado es el destructivo donde se exige aserrar la madera para obtener las probetas de forma prismática de 20 mm de lado como mínimo y con estas determinar su peso y volumen a los efectos de conocer la densidad de la madera (Spavento, Keil & Monteoliva, 2008, p. 12).

Se requiere realizar dos determinaciones: la masa y el volumen, la primera se obtiene con una balanza analítica de 0,01 gramos de precisión y para la medición del volumen se pueden utilizar métodos directos que consiste en medir las probetas con un calibre en las tres direcciones para obtener el volumen con la fórmula respectiva (Spavento, Keil y Monteoliva, 2008, p. 12).

Tabla 1-1: Clasificación de la madera de acuerdo a su densidad.

GRUPO	RANGO (g/cm ³)	CLASIFICACIÓN
I	Menos de 0,30	Muy baja (MB)
II	De 0,31 a 0,40	Baja (B)
III	De 0,41 a 0,60	Media (M)
IV	De 0,61 a 0,80	Alta (A)
V	Más de 0,81	Muy Alta (MA)

Fuente: (Viscarra, 1998) citado por (Rivera, 2014, p. 14).

1.5.9. Potencial de Hidrógeno de la madera (pH)

La estructura de la madera presenta una composición química de tres componentes esenciales: celulosa, hemicelulosa y lignina y en menor proporción cenizas y material orgánico, el análisis de dichas propiedades permite determinar las propiedades físico-mecánicas ya que todas están estrechamente relacionadas y dependientes de la composición química de la madera (Monteoliva, 2009, p.7).

La propiedad química más importante en la industria forestal es el pH, su importancia radica en que esta característica de acuerdo con (Rüdiger, 1975, p.3) sirve como un antecedente para el posible aprovechamiento de las especies forestales para la fabricación de tableros de partículas, donde el pH influye en el fraguado de los adhesivos, especialmente con el adhesivo más utilizado la urea-formaldehído.

El pH de una solución depende de la cantidad de iones de hidrógeno o de iones -OH , la concentración de iones de hidrógeno es un indicador no solamente para una reacción ácida sino también para una reacción básica por la simple relación entre la concentración de H^+ u iones -OH (Rüdiger, 1975, p. 3).

Los valores del pH según (ReySánchez, 2010, p. 2) varían a diferentes alturas de albura y duramen, es importante ya que facilita o dificulta la labor en el proceso industrial de la madera. Últimamente, se ha determinado que la acidez de la madera influye en su propia durabilidad natural en sí, en su susceptibilidad al ataque de hongos xilófagos.

La escala del pH es la siguiente:



Figura 8-1: Escala del pH

Fuente: Flor-Triana & Jaramillo, 2018

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Área de estudio

Alausí es un cantón perteneciente a la provincia de Chimborazo ubicado en el centro de la región Sierra atravesado por el sistema hidrográfico del río Chanchan. Se caracteriza por un relieve montañoso y accidentado que va desde los páramos hasta sistemas de menor altura y sistemas lacustres formados por lagunas, con gran diversidad de ecosistemas. Es un cantón multicultural con importante población rural (Pilco, 2013, p. 15).

Está conformado por una parroquia urbana y diez parroquias rurales entre las que está la parroquia Multitud ubicada al occidente de la cabecera cantonal, la cabecera parroquial está a 42 km de distancia y a 4 km de la carretera panamericana vía a la Costa, se encuentra limitado al norte con el cantón Pallatanga, al sur con el cantón Cumandá, al este con la parroquia Sibambe y al oeste la provincia de Bolívar según el Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial de Multitud (PDOT Multitud, 2019, p. 5).

2.2. Características del lugar

2.2.1. Localización

Las muestras para su respectivo estudio físico y químico se recolectaron en la Finca “Los Nogales” de aproximadamente 30 hectáreas de extensión, ubicada en el Recinto Surupata, Parroquia Multitud, Cantón Alausí en la provincia de Chimborazo, de propiedad de los señores Gonzalo Miranda Romero e Ing. Norma Elizabeth Salazar Huaraca.

La fase de laboratorio se realizó en el Laboratorio de Ciencias Biológicas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y la identificación de las especies forestales en el Herbario de la ESPOCH (CHEP).

2.3. Materiales y equipos

2.3.1. *Materiales de campo*

Lápiz, borrador, libreta de apuntes, formato de campo para recolección de muestras, marcador permanente, resaltador, fundas plásticas, papel periódico, piola blanca, cinta masking, aplicación GPS (Offline Maps), prensa, cámara de teléfono celular Samsung Galaxy A10 de 13 MP, motosierra marca Stihl, machete, estilete, sacos.

2.3.2. *Materiales de oficina*

Computadora marca hp con sistema operativo Windows 10 Pro 64 bits, Microsoft Office Professional Plus 2019, Programa ArcGIS versión 10.5, Programa Infostat versión 2020, hojas de papel bond, libreta de apuntes, esfero.

2.3.3. *Materiales de laboratorio*

Muestras dendrológicas, prismas de madera de cada una de las especies de 2 cm de arista, aserrín de cada especie.

Cinco envases de vidrio de 350 mililitros, papel aluminio, papel absorbente, alcohol al 70%, agua destilada, cajas Petri, placas porta y cubre objetos, pinza, cinta adhesiva, marcador permanente, brocha, franela, pipetas de 2 ml, probetas de 250 ml, envases plásticos de 1000 ml, guantes quirúrgicos, tintes safranina y astrablue, pie de rey, balanza analítica marca OHAUS Explorer, autoclave Biobase, micrótopo rotatorio tipo Spencer “820”, tabla Munsell, microscopio marca (Quimis Motic), pH metro, cámara de teléfono celular Samsung Galaxy A10 de 13 MP.

2.4. Metodología

Para el logro del primer objetivo: Identificar dendrológicamente las cinco especies forestales en estudio.

2.4.1. *Reconocimiento del área de estudio*

Se identificó el área de estudio al igual que las especies, Salvador (2010, p. 7) señala que varios investigadores recomiendan seleccionar los árboles bajo criterios como: árboles sanos, troncos rectos y ser los más representativos de la población.

Se realizó la georreferenciación registrando los datos de coordenadas geográficas de las especies y sus respectivas repeticiones. A través del Software ArcGIS versión 10.5 se realizó el mapa de localización del área de estudio y de las especies seleccionadas.

2.4.2. Colecta de muestras dendrológicas

Se colectó muestras dendrológicas de especies en estado fértil y muestras de madera de las especies conocidas por los habitantes del lugar como alubillo, sangre de drago, nogal, jigua y lucma, se tomó dato de las características del árbol en el formato de campo para la colección de las muestras indicado por (Salvador, 2010, p. 10) y mostrado en el Anexo N.

En cuanto al permiso de investigación, se emitió la solicitud correspondiente a través del sistema SUIA (Sistema Único de Información Ambiental) hacia el Ministerio de Ambiente y Agua y se obtuvo el certificado del Herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Anexo EE).

2.4.3. Movilización y prensado de las muestras dendrológicas

Una vez colectadas las muestras de cada especie, se las colocó en una hoja de periódico y se lo prensó, se transportó en fundas plásticas con sus respectivas etiquetas para realizar el prensado y secado de las muestras dendrológicas, considerando cambiar el periódico cada dos días para evitar pudrición de las muestras.

2.4.4. Identificación

Transcurridos 10 días desde el proceso de prensado de las muestras, se acudió al Herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (CHEP), para identificarlas en base a los especímenes que reposan allí.

2.4.5. Etiquetado y montaje de las muestras dendrológicas

En base a la información recolectada en el formato de campo, se procedió a elaborar la etiqueta para cada especie, de acuerdo al formato utilizado en el Herbario de la ESPOCH (CHEP).

Para el montaje de las muestras dendrológicas secas, se pegó la muestra en una cartulina blanca de 29 x 41 cm con su respectiva etiqueta en la parte inferior derecha, el sello del herbario en la parte superior derecha. Se sujetó contra la cartulina, las partes leñosas con hilo blanco.

Para el cumplimiento del segundo objetivo: Determinar las características anatómicas, organolépticas y la densidad de las cinco especies forestales.

2.4.6. Determinación de las características anatómicas

De acuerdo a las Normas COPANT 458 (citado en Salvador, 2010, p. 5) para estudios tecnológicos que permitan obtener buenos resultados en cuanto a propiedades químicas, físicas y mecánicas, debe tomarse una muestra de por lo menos tres árboles por población, para especies conocidas.

Para el análisis y determinación de las características microscópicas se dimensionaron prismas de 2 cm³ de arista, para cada especie y sus repeticiones. La determinación se realizó en el laboratorio de Ciencias Biológicas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, siguiendo los siguientes pasos:

- Los prismas de 2 cm³ se colocaron en frascos de vidrio con un volumen de 350 ml de agua destilada y se cubrió cada uno con tres láminas de papel aluminio (ya que las tapas plásticas de los envases no soportarían el proceso de autoclavado), se procedió a etiquetarlos definiendo la especie, para colocarlos en el autoclave Biobase a una presión de 1,2 atm (atmósferas) y a 121°C de temperatura por cada ciclo realizado (1 hora), dependiendo de la dureza de las especies en estudio.
- Una vez comprobado el ablandamiento de los prismas de madera, mediante el raspado de las mismas, se realizó cortes laminares de aproximadamente 0,3 μm en las tres secciones: radial, tangencial y longitudinal con el micrótopo rotatorio tipo Spencer como se muestra en la (Figura 2-2), procurando que el primer corte asegure el alineado de la probeta de madera, las láminas obtenidas se colocaron en cajas Petri con su etiqueta correspondiente.

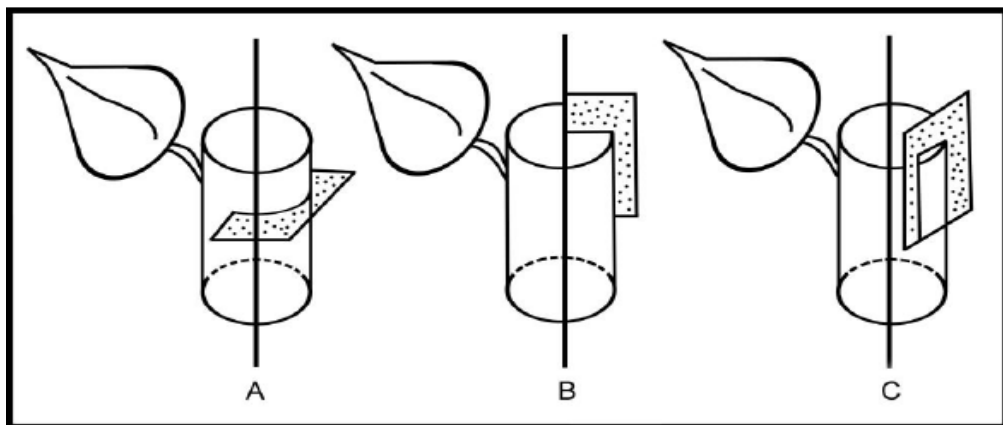


Figura 2-2: Tipos de cortes (A: corte transversal; B: corte radial; C: corte tangencial)

Fuente: Alborno, 2006

- Para la tinción de las láminas histológicas, se utilizó los tintes safranina, astrablue y la combinación de ambos en proporción 1:1 como lo recomienda (Feijoo, Ramón & Pucha, 2018: p. 21) que no es necesario utilizar los tintes por separado sino es recomendable mezclarlos para así lograr la tinción simultánea de las diferentes estructuras de la madera.
- Se procedió a la inmersión de las láminas histológicas de cada especie, así como de sus repeticiones en cada tinte (safranina, astrablue y su combinación) por 10, 20 y 30 segundos tanto en el plano transversal, tangencial y radial. Luego, se procedió a retirar el exceso de tinte de las láminas, sumergiéndolas en alcohol al 70% (en el caso de las láminas tinturadas con astrablue)

como en agua destilada (para las láminas tinturadas con safranina) y se las colocó en papel absorbente para evitar excesos.

- Con la utilización de una pinza de manipulación, se colocó cada lámina histológica en una placa porta objetos y sobre esta se colocó una placa cubre objetos, se sujetó y se etiquetó cada lámina con una nomenclatura bajo criterio propio.

- Con el microscopio Quimis Motic con los lentes 4X y 10X, se observó y fotografió cada lámina en las secciones transversal, tangencial y radial.

2.4.6.1. Descripción e identificación de las estructuras anatómicas

Se identificó las estructuras anatómicas en base a la nomenclatura de la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera (IAWA) y por cada plano transversal, tangencial y radial en cada una de las especies en estudio. Se fotografió las estructuras observadas y seleccionando una imagen de buena calidad, con un determinado tinte y tiempo, se procedió a describir las estructuras y discutir las. Se obtuvo 3 placas tinturadas por cada corte (transversal, tangencial y radial), en total se observó 9 placas por cada repetición, se realizaron 3 repeticiones y se obtuvo un total de 27 placas por cada una de las especies.

2.4.6.2. Análisis estadístico para las características anatómicas

Se trabajó con 9 fotografías por cada repetición del corte transversal y con el programa Motic Images Plus 2.0 se procedió al conteo y medición de perímetro de los poros tanto solitarios como múltiples de 2,3 y 4 para cada especie y se tabuló los datos en una Tabla de Excel. Obtenidos los datos de la medición y conteo respectivos, se promedió los perímetros de cada repetición según la especie.

Para el análisis de los datos obtenidos tanto del perímetro como del número de poros presentes en cada especie, se aplicó un ANOVA. Se utilizó el programa estadístico Infostat en donde se realizó la prueba de normalidad de Shapiro Wilks. Cuando hubo diferencias entre los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey para generar tablas comparativas entre las especies en estudio.

2.4.7. Determinación de las características organolépticas

Para el estudio de las características macroscópicas u organolépticas se dimensionó probetas de madera de 2 cm de espesor, 9 cm de ancho y 15 cm de largo. Para definir estas características, se utilizó los órganos de los sentidos definiendo así: color, olor, sabor, brillo, grano, textura y vetado. En cuanto al color se corroboró con la Tabla de Munsell de tejidos vegetales, siendo necesario además para el olor y sabor realizar un pequeño corte con una cuchilla.

Se obtuvo muestras de 30 cm de largo con un diámetro aproximado de 15 a 20 cm, de cada una de las especies en estudio, para posteriormente y de acuerdo a las Normas Copant 458, dividir las en tres secciones cada 10 cm, con el objetivo de conseguir una estructura similar a una escalera,

es por ello que la primera sección se mantuvo intacta, la segunda menos un 25% y en la tercera se retiró aproximadamente el 50%, con la finalidad de observar características estructurales de la madera y destinarlas a la colección de la Xiloteca institucional.

2.4.8. Determinación de la densidad

Habitualmente la densidad calculada es la densidad normal la cual está determinada con el peso y volumen medidos al 12% de humedad (cota internacional de humedad CH 12%) por lo tanto, para obtener la densidad en estado seco y en estado verde de la madera, se procedió a pesar en una balanza analítica de 0,01 gramos de precisión, 5 prismas de 2 cm de arista mientras que, para determinar el volumen de cada cubo, se utilizó un calibrador para tomar las medidas de largo, ancho y profundidad, para aplicar la fórmula de volumen y reemplazar valores en la siguiente fórmula correspondiente a la densidad:

$$\delta = \frac{m}{V}$$

(INEN, 2013, p.2)

Donde:

δ : densidad expresada en g/cm³

m: masa de la madera expresada en g

V: volumen de la madera expresada en cm³

Para el cumplimiento del tercer objetivo: determinar el pH de las muestras maderables de las cinco especies

2.4.9. Determinación del potencial de Hidrógeno

Según (Stamm 1966 citado en ReySánchez, 2010, p. 11) indica que la simple extracción usando la mezcla de madera molida y agua en una proporción 1:6 permite obtener valores exactos y satisfactorios de pH, es por ello que para la determinación del pH de las cinco especies en estudio se realizó el siguiente procedimiento:

- Se obtuvo aserrín 24 horas antes de la madera de cada especie y se colocó en envases plásticos con su respectiva etiqueta.
- Luego del tamizado del aserrín, se pesó en la balanza analítica cierta cantidad de aserrín de cada especie colocándola en envases plásticos.
- Se colocó agua destilada hasta obtener una mezcla homogénea entre el aserrín y el agua destilada, en distintas proporciones cuya relación fluctúa entre 4 a 7. Con constante agitación durante una hora.
- Para obtener el valor del pH de las soluciones de cada especie forestal, se utilizó un pH metro y se lo introdujo en cada solución homogénea.

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Identificar dendrológicamente las cinco especies forestales en estudio.

Las especies en estudio conocidas por los habitantes del lugar como alubillo, sangre de drago, nogal, jigua y lucma, tras su identificación en el Herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, corresponden a los siguientes nombres científicos como se detallan en la tabla 1-3.

Tabla 1-3: Identificación dendrológica de las especies en estudio

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Anacardiaceae	<i>Mauria suaveolens</i> Poepp & Endl	Alubillo
Euphorbiaceae	<i>Croton lechleri</i> Muell. Arg	Sangre de drago
Juglandaceae	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Nogal
Lauraceae	<i>Nectandra obtusata</i> Rohwer	Jigua
Sapotaceae	<i>Pouteria lucuma</i> (R. & P.) O. Kuntze	Lucma

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

3.1.1. Descripción dendrológica de las especies

- *Mauria suaveolens* Poepp & Endl

Clasificación taxonómica

Clase: Magnoliopsida

Orden: Sapindales

Familia: Anacardiaceae

Género: *Mauria*

Árbol de 12 metros de altura con un DAP de 15 centímetros, tiene una corteza escamosa de color blanquecina grisácea, escasas ramificaciones, presenta hojas simples opuestas verdes y brillantes por el haz, flores blancas pequeñas y varios frutos inmaduros que varían de color anaranjado a rojo, con un olor astringente, presenta resina rojiza que se oxida al contacto con el aire.

- *Croton lechleri* Muell. Arg

Clasificación taxonómica

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malpighiales

Familia: Euphorbiaceae

Género: Croton

Árbol de 18 metros de altura y 50 cm de DAP con un fuste casi cilíndrico y una corteza externa lenticelada de color gris blanquecino y la interna de color más o menos rosada, presenta hojas alternas respecto al fuste de forma lobulada, ápice acuminado y de color verde que se tornan de color naranja cuando están por caer, sus flores están agrupadas en ciatos o cimas, tiene un fruto capsular de colores diferentes, cuando se realiza un corte en el árbol se observa un látex de color rojo brillante que puede tornarse anaranjado con el transcurso del tiempo.

- *Juglans neotropica* Diels

Clasificación taxonómica

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fagales

Familia: Juglandaceae

Género: Juglans

Árbol maderable de 14 metros de altura y 55 centímetros de DAP, fuste recto, cilíndrico con una corteza de color gris oscura acanalada o agrietada, copa densa e irregular, presenta hojas alternas que varían de color verde a café dependiendo el estado fisiológico del árbol, inflorescencias en forma de espigas axilares, su fruto es una drupa carnosa de color verde a pardo, con una semilla de tipo nuez comestible y fisurada, presenta sustancias oleaginosas y un olor aromático.

- *Nectandra obtusata* Rohwer

Clasificación taxonómica

Clase: Magnoliopsida

Orden: Laurales

Familia: Lauraceae

Género: Nectandra

Árbol de 19 metros de altura y un DAP de 50 centímetros, fuste poco irregular, corteza lenticelada de color marrón blanquecina y olor a aguacate, hojas de tamaño grande, base obtusa en las hojas, acuminadas, alternas e imparipinnadas y borde entero, hojas con pubescencias, inflorescencias en panícula axilar, flores medianas blanquecinas, con pétalos cremas. Su fruto es una baya con cúpula café cuando maduro.

- *Pouteria lucuma* (R. & P.) O. Kuntze

Clasificación taxonómica

Clase: Magnoliopsida

Orden: Ericales

Familia: Sapotaceae

Género: Pouteria

Árbol ubicado cerca de un riachuelo de 15 metros de altura y un DAP de 13 centímetros, presenta una corteza lisa de color marrón grisáceo con lenticelas, copa medianamente densa, presenta hojas compuestas bipinnadas de color verde en árboles jóvenes y de color marrón en especímenes adultos. Flores de color café con pubescencias y fragantes, su fruto es una baya redonda de color verde a café con una o dos semillas en su interior. Presenta látex blanco.

Discusión

Mauria suaveolens tiene hojas compuestas, alternas con flores blancas y frutos rojizos inmaduros lo cual concuerda con (Aguirre, 2012, p. 54), uno de sus nombres comunes en Ecuador, es caspicaracho, aguacate de montaña (Saraguro), sarnoso (Vilcabamba), colorado (El Oro), mango y alubillo (Alausí) (Palacios, 2011, p. 15).

(Daniel, 1937, p. 9) menciona que *Rhus juglandifolia* también es conocida como caspicaracho de la misma familia Anacardiaceae y tiene un follaje semejante a las pinas del nogal (hojas compuestas), la diferencia con *Mauria suaveolens* radica en sus hojas ya que, de acuerdo a esta investigación, presenta hojas simples opuestas, siendo especies diferentes pero conocidas con el mismo nombre común.

Coy, Gómez & Castiblanco (2016, p. 236) describen a las hojas de *Croton lechleri* con una disposición respecto al tallo en forma opuesta, simples con estípulas que pueden transformarse en espinas o glándulas, concordando con los resultados de esta investigación. Tanto Ramirez (2003) como Díaz (2015), concuerdan en mencionar la presencia de látex rojizo o de diversos tonos cuando se realiza un corte.

Para (Risco, Iglesias & Cañigueral, 2001, pp. 2-3) es un árbol que puede alcanzar los 25 metros con copa globosa y enramada, que se bifurcan con facilidad cuando crece a pleno sol, hojas con ápice ligeramente acuminado que cambian a color ladrillo y caen, estípulas rígidas. Los resultados concuerdan con los obtenidos en esta investigación.

Juglans neotropica según (Ospina et al., 2003, p. 6) es un árbol maderable conocido en Ecuador y Perú como tocte, nogal, según (Ecuador Forestal, 2010, p. 1) presenta un tronco recto y cilíndrico, con una corteza de color pardo gris agrietada, hojas compuestas alternas, fruto drupa carnosa redonda de color pardo a negro, su semilla tipo nuez, fisurada, oleaginosa y comestible.

Para (Toro & Roldán, 2018, p. 6) es una especie forestal con inflorescencias tipo espiga que salen de las axilas de las hojas, con frutos en forma de drupa de forma elipsoidal, su semilla tipo nuez, con una fragancia suave y agradable al olfato. Concluyendo que los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con las investigaciones citadas.

En cuanto a *Nectandra obtusata* presentó una corteza de color marrón blanquecina y hojas con pubescencias, diferente a lo expuesto por (Coveña, 2019, p. 21) quien encontró hojas sin pubescencias y una corteza gris áspera, poco agrietada, quizá por el rango altitudinal de los estudios.

Yahia & Gutierrez (2011) y Villanueva, 2001 citado en Alegre & Ticse (2017) encontraron que *Pouteria lucuma* es un árbol que alcanza entre los 8 y 15 metros de altura, de hoja perenne, pecioladas y coriáceas, con presencia de látex blanco en los tejidos epidérmicos y parenquimáticos y fruto una baya globosa con sabor y olor atractivo. (Mendoza, 2013, p. 4) añade que las hojas tienen una forma elíptica que miden alrededor de 12 cm de largo, con flores pequeñas amarillas dispuestas en racimos. Los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan con lo detallado por los autores citados.

3.2. Determinar las características anatómicas, organolépticas y la densidad de las cinco especies forestales.

3.2.1. Características anatómicas

3.2.1.1. Ciclos de ablandamiento

Tabla 2-3: Ciclos de ablandamiento por especie

ESPECIES	NÚMERO DE PRISMAS DE 2 cm ³	CICLOS DE ABLANDAMIENTO	AGUA DESTILADA (ml)
<i>Mauria suaveolens</i>	5	17 ciclos	350
<i>Croton lechleri</i>	5	1 ciclo	350
<i>Juglans neotropica</i>	5	1 ciclo	350
<i>Nectandra obtusata</i>	5	2 ciclos	350
<i>Pouteria lucuma</i>	5	3 ciclos	350

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Los ciclos de ablandamiento para cada especie se realizaron en el autoclave Biobase a una presión de 1,2 atmósferas (atm) y a 121°C de temperatura y durante (1 hora), el mayor número de ciclos se realizó para *Mauria suaveolens* y el menor para *Croton lechleri* y *Juglans neotropica*.

3.2.1.2. Determinación del tinte para definir características anatómicas

Se elaboró 3 tablas correspondientes a la sección transversal, tangencial y radial de cada una de las especies en estudio para analizar las estructuras anatómicas presentes en cada plano anatómico en función al tinte utilizado, catalogando con la valoración de 1 a la mejor visualización y de 0 a la menor.

- Sección transversal

Tabla 3-3: Estructuras anatómicas observadas en función al tinte plano transversal

ESTRUCTURAS	<i>Mauria suaveolens</i>			<i>Croton lechleri</i>			<i>Juglans neotropica</i>			<i>Nectandra obtusata</i>			<i>Pouteria lucuma</i>		
	S	A	S/A	S	A	S/A	S	A	S/A	S	A	S/A	S	A	S/A
Poros	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Parénquima	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1
Inclusiones	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
Radios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Porosidad	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1
TOTAL	3	5	5	2	5	5	4	5	5	1	4	4	2	4	5

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Donde:

S: safranina

A: astrablue

S/A: combinación safranina/astrablue

En el corte transversal se observó mayor afinidad a distintos tintes, *Mauria suaveolens* y *Croton lechleri* demostraron mayor afinidad al tinte astrablue (A) y a la combinación de safranina/astrablue (S/A). *Juglans neotropica*, *Nectandra obtusata* y *Pouteria lucuma* se muestran afín a la combinación de safranina/astrablue (S/A).

- Sección tangencial

Tabla 4-3: Estructuras anatómicas observadas en función al tinte plano tangencial

ESTRUCTURAS	<i>Mauria suaveolens</i>			<i>Croton lechleri</i>			<i>Juglans neotropica</i>			<i>Nectandra obtusata</i>			<i>Pouteria lucuma</i>		
	S	A	S/A	S	A	S/A	S	A	S/A	S	A	S/A	S	A	S/A
Radios	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Fibras	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Inclusiones	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1
Vasos	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1
Punteaduras	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1
TOTAL	2	3	4	1	4	5	3	4	5	2	4	4	2	4	5

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Donde:

S: safranina

A: astrablue

S/A: combinación safranina/astrablue

En el corte tangencial, las cinco especies estudiadas demostraron mayor afinidad a la combinación de safranina/astrablue (S/A).

- Sección radial

Tabla 5-3: Estructuras anatómicas observadas en función al tinte plano radial

ESTRUCTURAS	<i>Mauria suaveolens</i>			<i>Croton lechleri</i>			<i>Juglans neotropica</i>			<i>Nectandra obtusata</i>			<i>Pouteria lucuma</i>		
	S	A	S/A	S	A	S/A	S	A	S/A	S	A	S/A	S	A	S/A
Vasos	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0
Punteaduras	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0
Radios	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Fibras	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
Inclusiones	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0
TOTAL	1	4	3	2	5	5	2	4	4	2	4	4	2	3	1

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Donde:

S: safranina

A: astrablue

S/A: combinación safranina/astrablue

En el corte radial se observó mayor afinidad a distintos tintes, *Mauria suaveolens* y *Pouteria lucuma* muestran afinidad al tinte astrablue, *Croton lechleri*, *Juglans neotropica* y *Nectandra obtusata* se muestran más afín con el tinte astrablue y la combinación de safranina/astrablue (S/A).

3.2.1.3. Descripción de las características anatómicas por cada especie y plano de estudio

- *Mauria suaveolens* Poepp. & Endl

Sección transversal

En *Mauria suaveolens*, con el lente 4x se identificó poros de tamaño pequeño, poros solitarios en su gran mayoría, seguidos de escasos poros múltiples radiales de 2, 3 y 4, porosidad difusa. Observado con el lente 10x se observó parénquima apotraqueal en agregados, obstrucción de los poros por tñlide y látex, radios finos definidos.

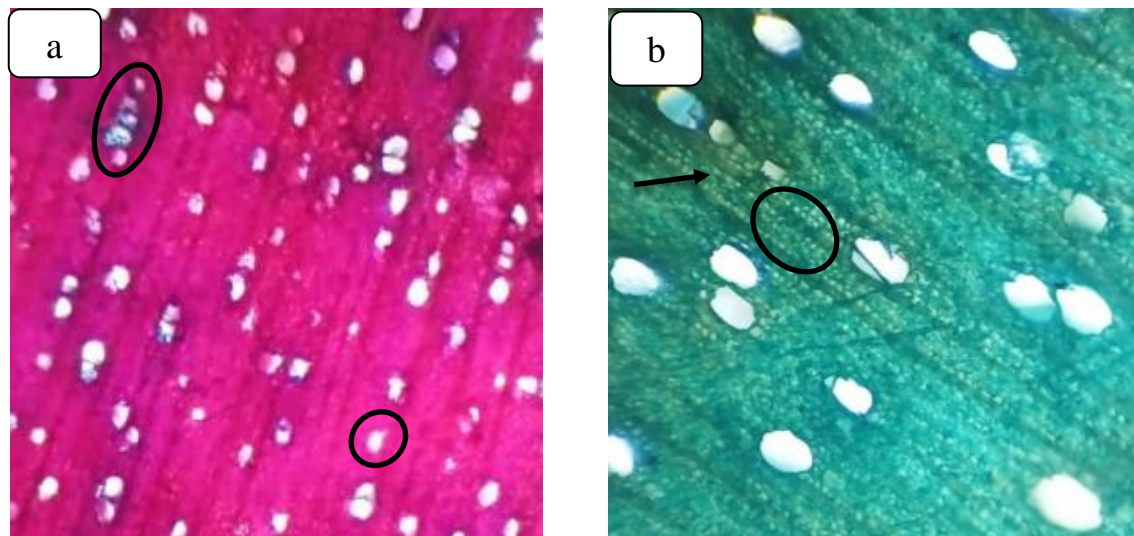


Figura 1-3: Sección transversal de *Mauria suaveolens*. Poro múltiple de 4 con presencia de tñlide, observado con safranina/astrablue **a)**. Parénquima apotraqueal, observado con astrablue **b)**.

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Sección tangencial

Observado con el lente 10x, se identifica radios uniseriados y multiseriados, una altura del radio tangencial de 5 a 8 células, fibras no septadas alargadas. Presencia de vasos con punteaduras alternas, placas de perforación simples.

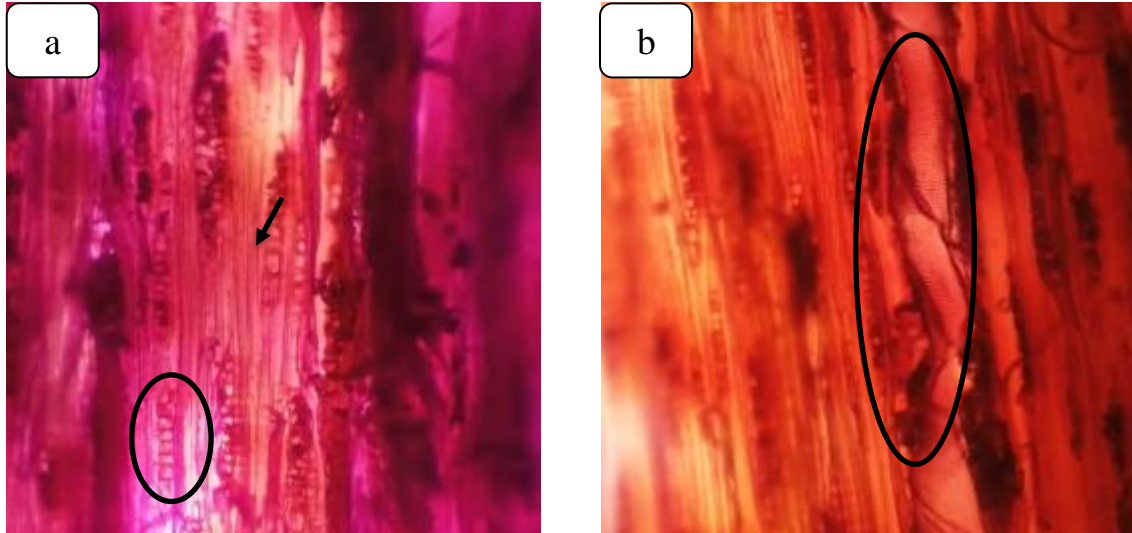


Figura 2-3: Sección tangencial de *Mauria suaveolens*. Radio uniseriado, fibra alargada **a)**. Vaso y placa de perforación simple **b)**. Observados con safranina/astrablue.

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Sección radial

Con el lente 10x se observan radios multiseriados heterogéneos con células procumbentes erectas y células verticales o cuadradas, distribuidas en estratos. Área de entrecruzamiento entre fibras y células radiales. Se identificó un miembro vascular con cristales de oxalato de calcio.

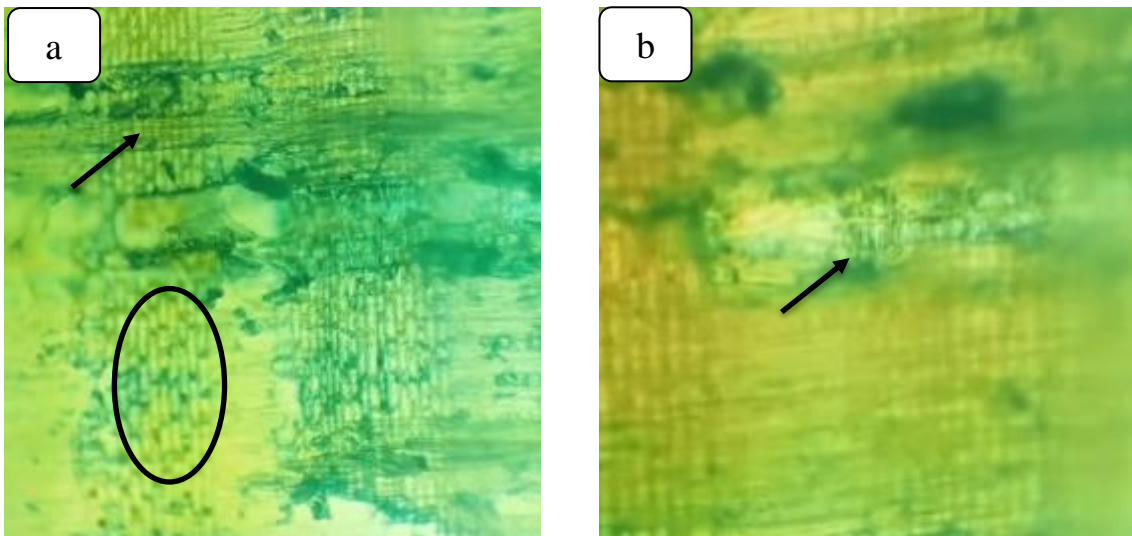


Figura 3-3: Sección radial de *Mauria suaveolens*. Radios multiseriados, células radiales entrecruzadas con fibras **a)**. Cristales de oxalato de calcio **b)**. Observados con astrablue.

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Discusión

Para *Mauria suaveolens* no se encontraron estudios de carácter anatómico a nivel microscópico, pero en estudios de *Mauria heterophylla* realizado por (León, 2003, párr. 28) se evidenció la presencia de anillos de crecimiento no definidos, pero macroscópicamente son distinguibles en la madera tardía de color oscuro, porosidad difusa, poros solitarios y múltiples radiales, escasos arracimados, presencia de tílido, fibras septadas y no septadas, parénquima paratraqueal vasicéntrico y parénquima no lignificado apotraqueal, radios homocelulares y heterocelulares. Como se ha detallado en el párrafo anterior, las especies del género *Mauria* comparten características similares en cuanto a la anatomía de su madera.

- *Croton lechleri* Muell. Arg

Sección transversal

En *Croton lechleri*, observado con el lente 4x se identifican anillos de crecimiento poco visibles, poros grandes, en su gran mayoría poros solitarios seguidos de poros múltiples radiales de 2 hasta 7 poros, porosidad difusa, parénquima paratraqueal aliforme confluyente de ala fina y alargada. Obstrucción de los poros por presencia de látex y tílido observado con el lente 10x.

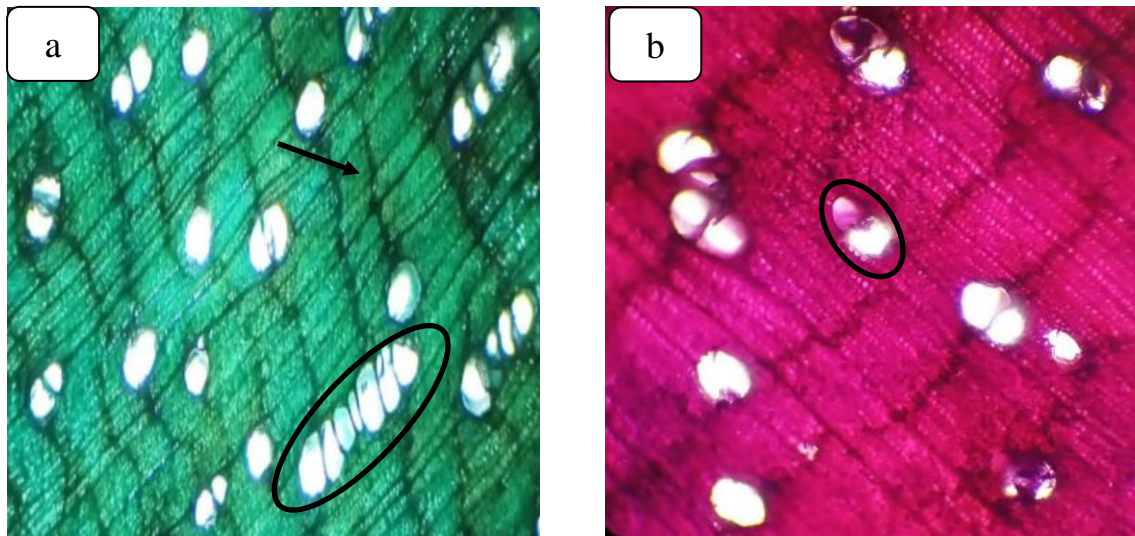


Figura 4-3: Sección transversal de *Croton lechleri*. Poro múltiple de 7, parénquima aliforme de ala fina, observado con astrablue **a**). Látex en los poros, observado con safranina/astrablue **b**).

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Sección tangencial

Con el lente 10x se observó radios uniseriados y multiseriados de células procumbentes, tubo laticífero. Presencia de fibras septadas muy cortas que entrecruzan los radios y miembros vascular con punteaduras intervasculares. Placa de perforación escaleriforme.

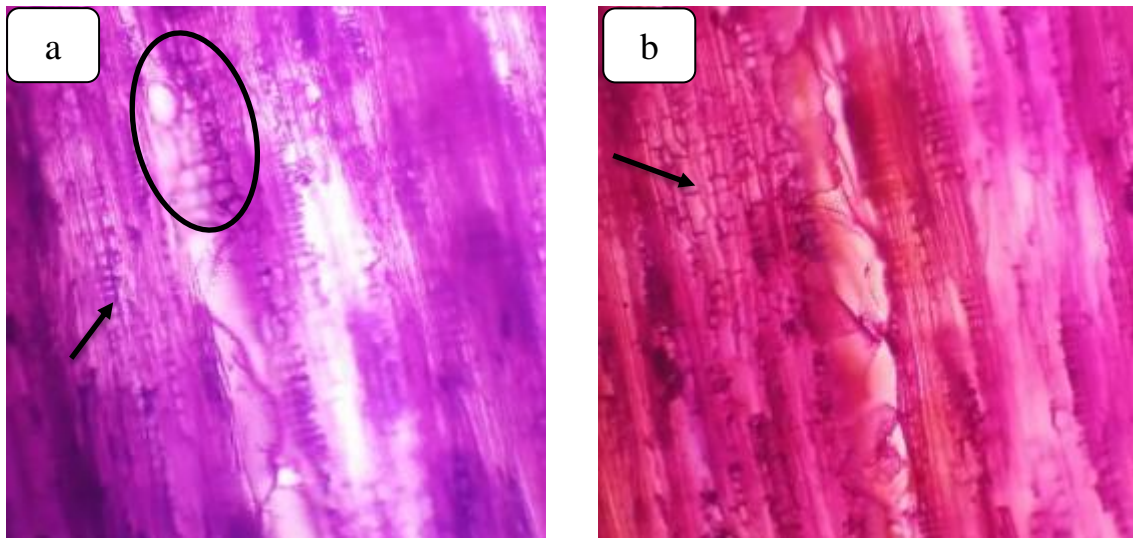


Figura 5-3: Sección tangencial de *Croton lechleri*. Células radiales procumbentes, tubo laticífero **a)**. Fibras septadas, placa de perforación escaleriforme **b)**. Observados con safranina/astrablue.

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Sección radial

Se observan radios heterogéneos con células procumbentes de 8 a 10 células de largo, algunas células parenquimáticas tipo baldosa interceptadas por fibras, lente 10x. Miembro vascular con punteaduras alternas.

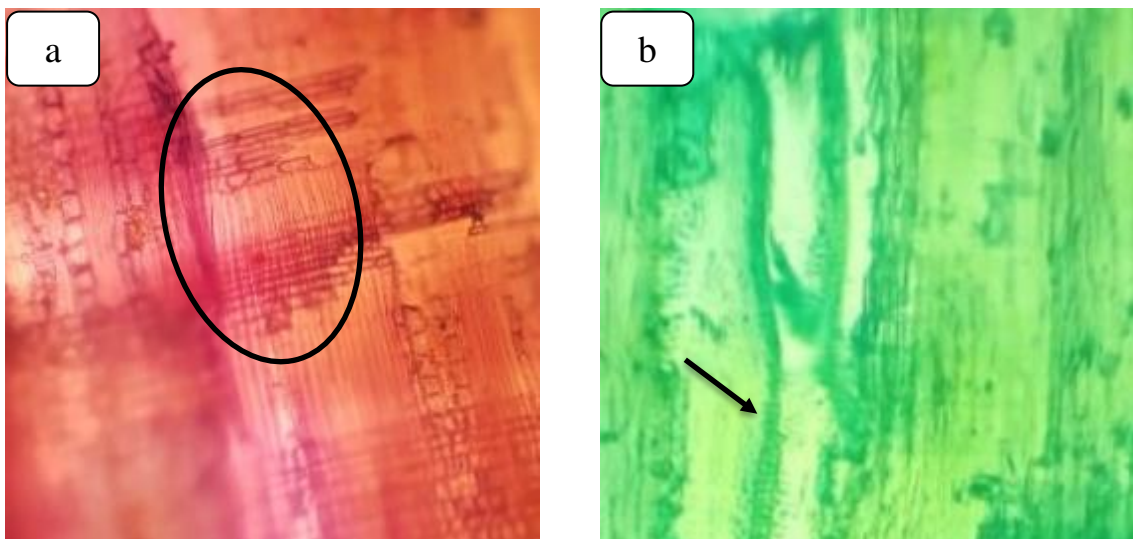


Figura 6-3: Sección radial de *Croton lechleri*. Células procumbentes y parenquimáticas interceptadas por fibras, observado con safranina/astrablue **a)**. Vaso observado con astrablue **b)**.

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Discusión

Para esta especie no se encontró información disponible para comparar anatómicamente las estructuras encontradas, sin embargo, se encontró que *Croton matourensis* descrita por (Ruíz, 2019:

pp. 46-48) presenta características similares en cuanto a la presencia de poros múltiples de 2, 3, 4 hasta 7 poros, porosidad difusa y diagonal a los radios, fibras de paredes gruesas, radios uniseriados y la presencia de látex y tñlide en los elementos vasculares.

- *Juglans neotropica* Diels

Sección transversal

En *Juglans neotropica*, observado con el lente 10x se encontraron poros grandes, anillos de crecimiento visibles a simple vista, poros solitarios en mayor cantidad y poros múltiples radiales de 2, 3 y 4 poros, porosidad difusa a semicircular, parénquima apotraqueal en finas bandas. Oclusión de poros por gomas y células oleíferas, radios gruesos.

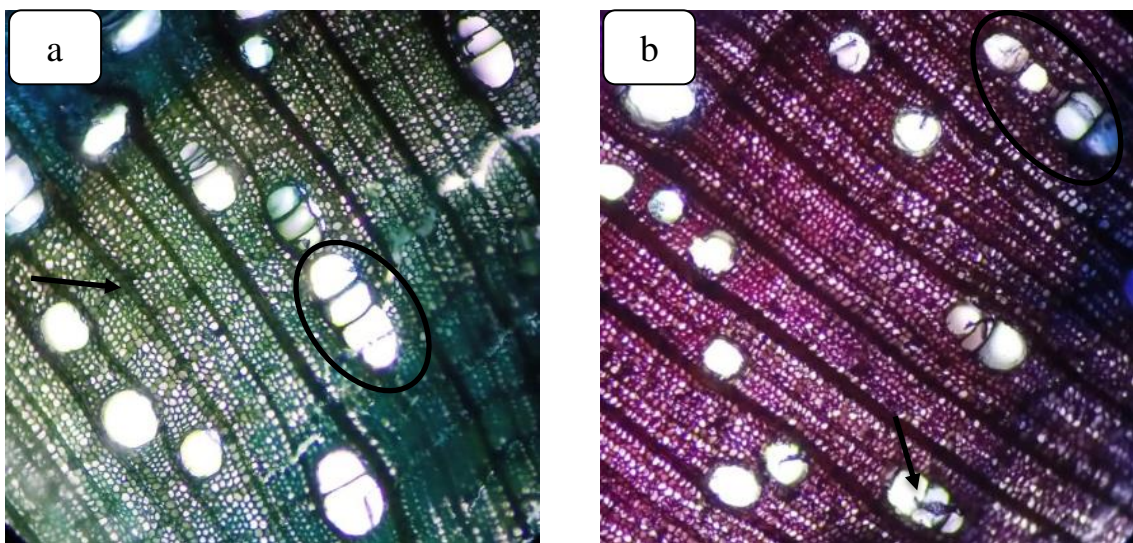


Figura 7-3: Sección transversal de *Juglans neotropica*. Poro múltiple de 4, parénquima apotraqueal observado con astrablue **a**). Célula oleífera y gomas **b**).

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Sección tangencial

Se observó radios uniseriados bien definidos y escasos multiseriados de 8 a 10 células, presencia de gomas y aceites en las células envolventes, fibras septadas y libriiformes, estructuras observadas con el lente 10x. Placas de perforación simples y miembro de vaso con punteaduras opuestas.

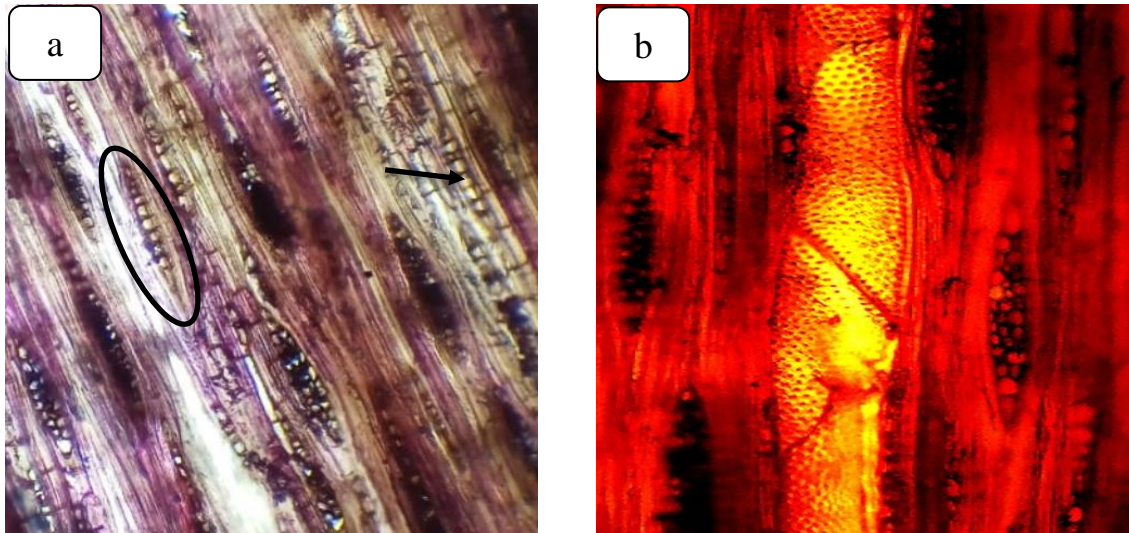


Figura 8-3: Sección tangencial de *Juglans neotropica*. Radio uniseriado, células envolventes con gomas **a**). Vaso con punteaduras opuestas **b**). Observado con safranina/astrablue.

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Sección radial

El lente 10x permitió observar área de entrecruzamiento entre las células radiales procumbentes y fibras, radios divididos por fibras septadas y libriformes. Miembro vascular con punteaduras intervasculares y placas de perforación simples.

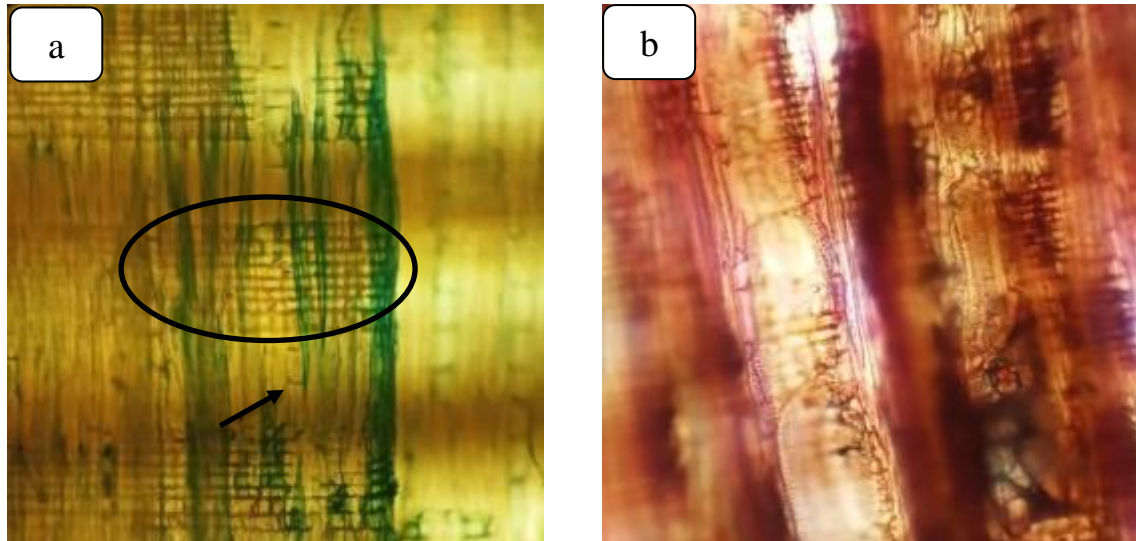


Figura 9-3: Sección radial de *Juglans neotropica*. Células procumbentes, fibras libriformes, observado con astrablue **a**). Placa de perforación simple, observado con safranina/astrablue **b**).

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Discusión

En cuanto a *Juglans neotropica*, se evidenció poros grandes, anillos de crecimiento visibles, poros solitarios y múltiples, porosidad difusa y semicircular, parénquima axial difuso y axial en finas

bandas, radios uniseriados con células procumbentes y elementos vasculares obstruidos por gomas y resinas, fibras septadas, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en el estudio “Evaluación anatómica de 50 especies forestales en el Sur del Ecuador” realizado por (Armijos, 2019, p.72) al igual que con el estudio de (Toro & Roldán, 2018, pp. 8-9).

- *Nectandra obtusata* Rohwer

Sección transversal

En *Nectandra obtusata* con el lente 4x se observó poros de tamaño pequeño, anillos de crecimiento medianamente visibles, poros solitarios y escasos múltiples de 2, 3 y 4, porosidad semicircular, presencia de esclerotíldes. Se identificó con el lente 10x, un parénquima apotraqueal difuso, tílide en algunos poros y sílice.

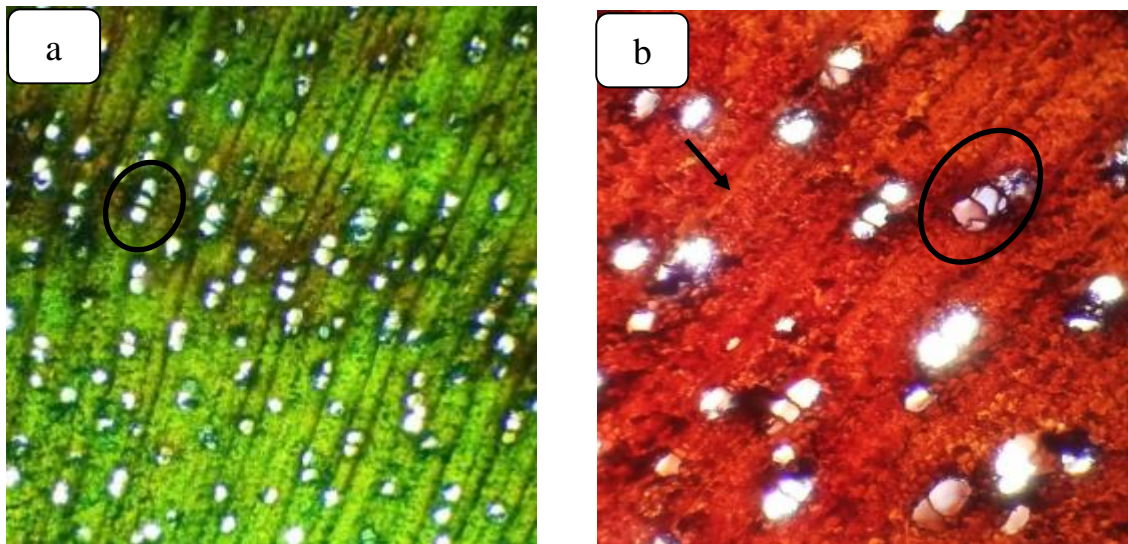


Figura 10-3: Sección transversal de *Nectandra obtusata*. Poro múltiple de 3, porosidad semicircular, observado con astrablue **a**). Tílide y sílice, observado con safranina/astrablue **b**).

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Sección tangencial

El lente 10x permitió observar radios uniseriados de 5 a 10 células cuadradas y escasas células marginales y células envolventes, presencia de fibras septadas y no septadas. Miembro del vaso con punteaduras intervasculares opuestas.

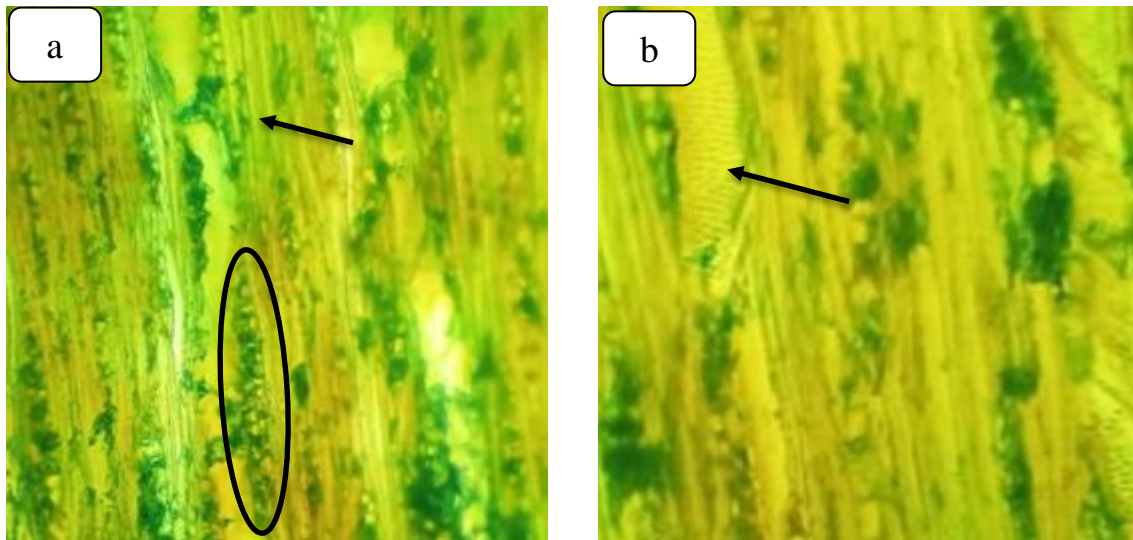


Figura 11-3: Sección tangencial de *Nectandra obtusata*. Radio uniseriado, células envolventes, fibras alargadas **a**). Vaso con punteaduras opuestas **b**). Observados con astrablue.

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Sección radial

Con el lente 10x, se observó radios uniseriados heterocelulares con células procumbentes y marginales, fibras alargadas no septadas. Se observa un miembro vascular con punteaduras intervasculares.

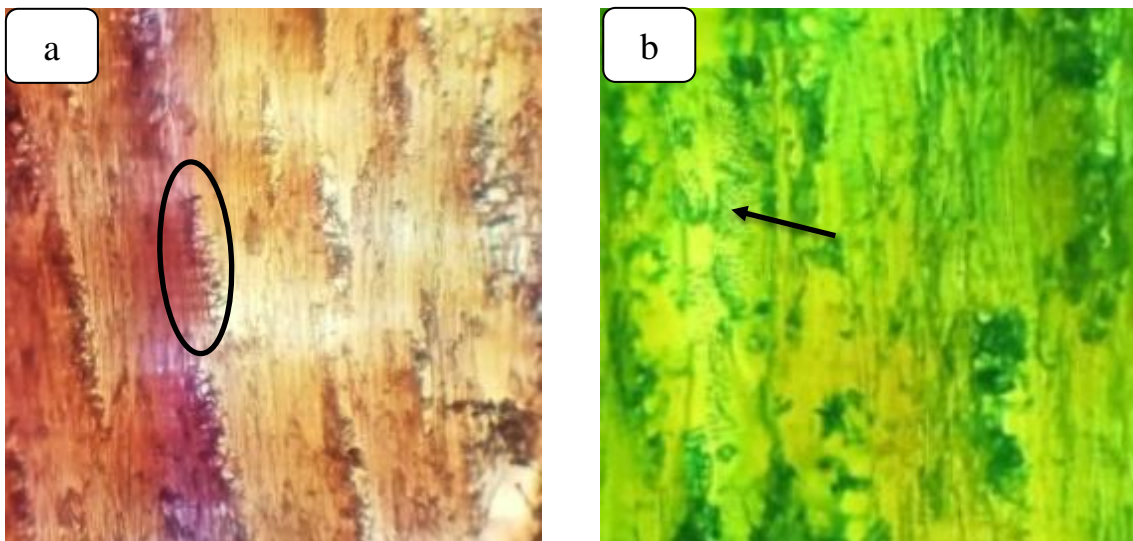


Figura 12-3: Sección radial de *Nectandra obtusata*. Radio heterocelular, fibras alargadas, observado con safranina/astrablue **a**). Miembro vascular identificado con astrablue **b**).

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Discusión

Para *Nectandra obtusata* se encontró un parénquima apotraqueal difuso y radios heterocelulares, mientras que en un estudio realizado por (Coveña, 2019, p.42) se menciona un parénquima

paratraqueal vasicéntrico y radios estratificados y concuerda con la presencia de esclerotíldes en los poros.

- *Pouteria lucuma* (R. & P.) O. Kuntze

Sección transversal

En *Pouteria lucuma* con el lente 4x, se identificaron poros de tamaño pequeño, en su gran mayoría poros múltiples de 2, 3 y 4, escasos poros solitarios y múltiples racemiformes con una dirección paralela a los radios, porosidad paralela a los radios. Parénquima apotraqueal, radios finos, presencia de gomas, y anillos de crecimiento bien definidos.

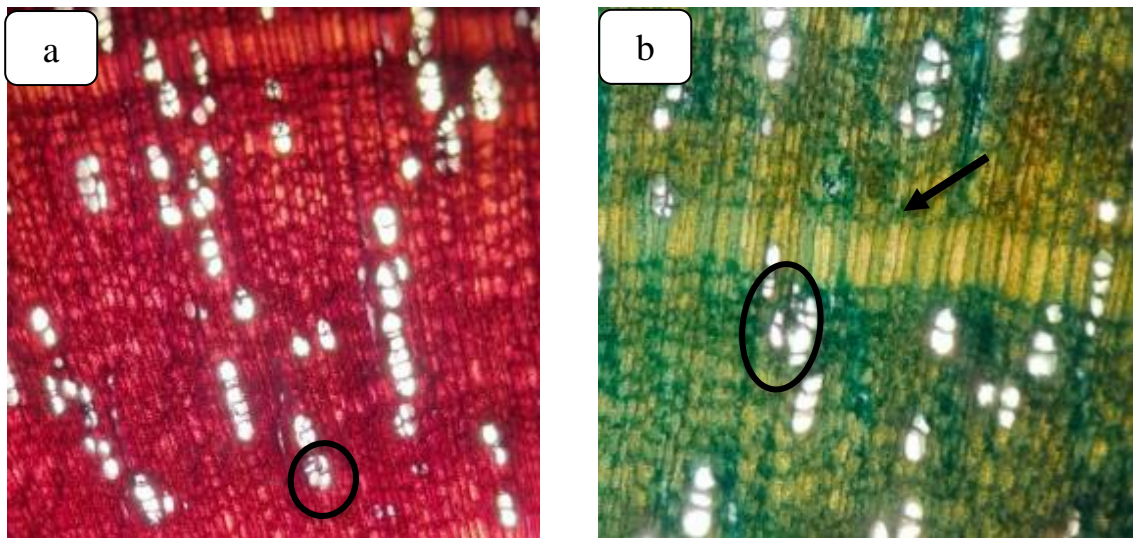


Figura 13-3: Sección transversal de *Pouteria lucuma*. Poro múltiple racemiforme, parénquima apotraqueal, observado con safranina/astrablue **a**). Anillo de crecimiento teñido con astrablue **b**).

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Sección tangencial

Con el lente 10 x, se identificó radios uniseriados y multiseriados, presenta fibras libriformes y no septadas alargadas. Miembro vascular con puntuaciones intervasculares alternas, placas de perforación simples y gomas.

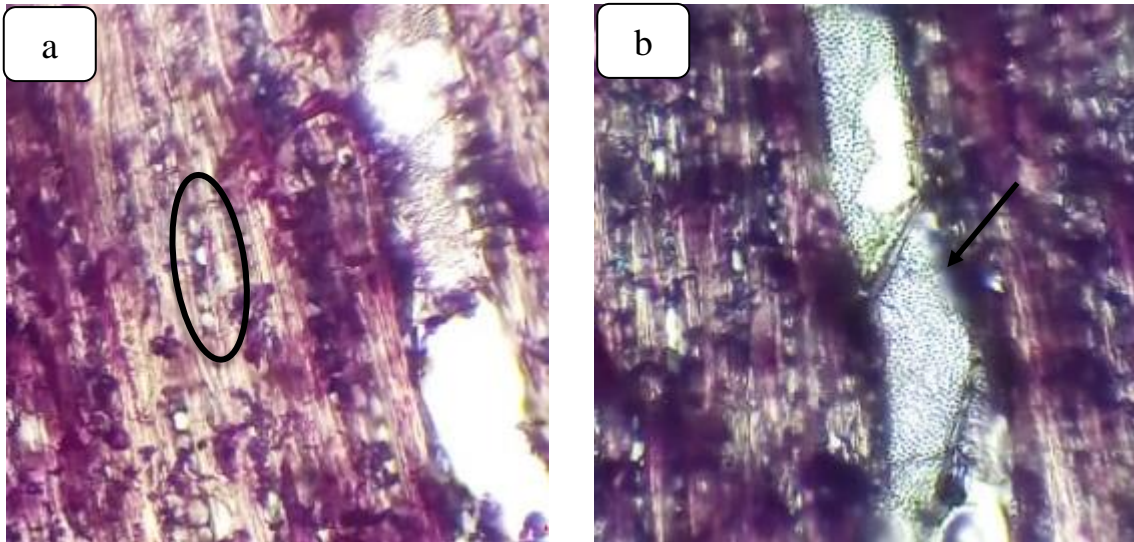


Figura 14-3: Sección tangencial de *Pouteria lucuma*. Radio uniseriado de 5 células de largo **a**). Placa de perforación y presencia de gomosidades **b**). Observado con safranina/astrablue.

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Sección radial

Observado con el lente 10x, presenta radios heterogéneos, células de radios cuadradas y verticales, miembro vascular con punteaduras alternas ovaladas y placas de perforación simples, tubo gomífero. Cristales de oxalato de calcio teñidos con astrablue.

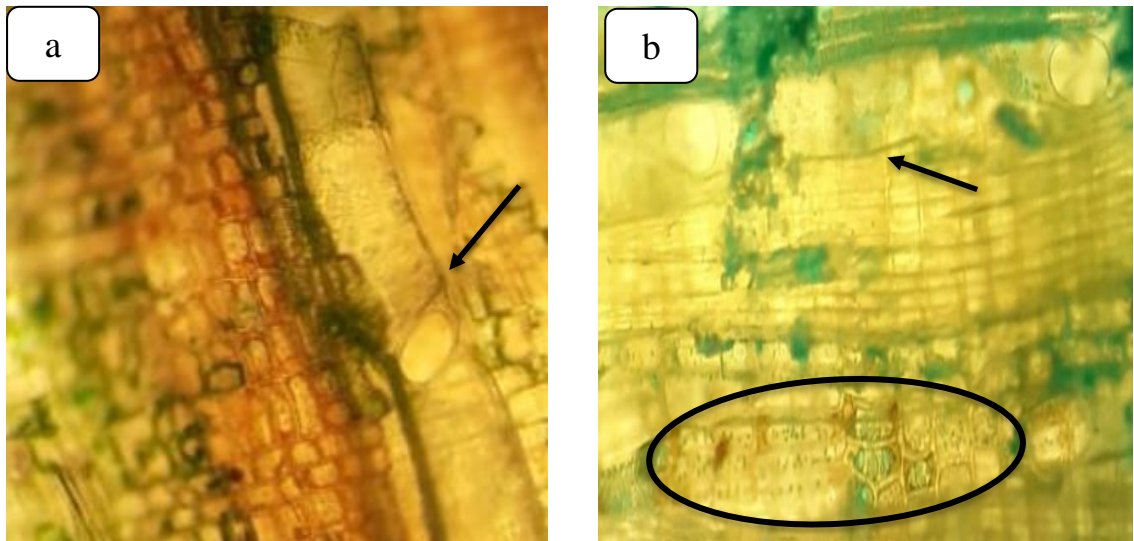


Figura 15-3: Sección radial de *Pouteria lucuma*. Tubo gomífero, células radiales cuadradas **a**). Vaso, cristales de oxalato de calcio **b**). Observado con astrablue.

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Discusión

De acuerdo a este estudio *Pouteria lucuma* presenta porosidad difusa, poros múltiples de 2,3,4 y más, radios uniseriados y multiseriados de 5 a más células, parénquima axial difuso en agregados,

radios con células verticales y cuadradas, pero (Armijos et al., 2017, p. 88) en su estudio “Anatomía de la madera de diez especies forestales del Bosque Andino del Sur del Ecuador” señala que *Pouteria lucuma* tiene un parénquima ausente y anillos de crecimiento no visibles; mientras que (Armijos, 2019, p. 83) comparte características similares obtenidas en esta investigación.

Tabla 6-3: Características microscópicas de las cinco especies forestales en estudio

CARACTERÍSTICAS	<i>Mauria suaveolens</i>	<i>Croton lechleri</i>	<i>Juglans neotropica</i>	<i>Nectandra obtusata</i>	<i>Pouteria lucuma</i>
Poros	Solitarios, escasos múltiples de 2, 3 y 4	Solitarios, múltiples de 2 hasta 7 poros	Solitarios, múltiples de 2,3 y 4	Solitarios, múltiples de 2,3 y 4	Múltiples de 2,3 y 4, solitarios y múltiples racemiformes
Tamaño de los poros	Pequeños	Grandes	Grandes	Pequeño	Pequeño
Parénquima	Parénquima apotraqueal en agregados	Parénquima paratraqueal aliforme confluyente de ala fina y alargada	Parénquima apotraqueal en finas bandas	Parénquima apotraqueal difuso	Parénquima apotraqueal
Porosidad	Difusa	Difusa	Difusa a semicircular	Semicircular	Paralela a los radios
Radios	Uniseriados y multiseriados	Uniseriados y multiseriados	Gruesos, uniseriados y multiseriados	Uniseriados	Finos, uniseriados y multiseriados
Células radiales	Procumbentes, verticales y cuadradas	Procumbentes y parenquimáticas	Envolventes y procumbentes	Envolventes, cuadradas, procumbentes y marginales	Cuadradas y verticales
Inclusiones	Tílido, látex y cristales de oxalato	Látex y tílido	Gomas y células oleíferas	Tílido y sílice	Gomas y cristales de oxalato
Fibras	No septadas alargadas	Septadas muy cortas	Septadas y libriformes	Septadas y no septadas	Libriformes y no septadas

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Tabla 7-3: Porcentaje de poros de las cinco especies (100% el total contado)

ESPECIE	Solitarios (%)	Múltiples de 2 (%)	Múltiples de 3 (%)	Múltiples de 4 (%)	Tamaño de los poros
<i>Mauria suaveolens</i>	76,74	19,96	2,28	1,00	Pequeños
<i>Croton lechleri</i>	61,36	4,62	9,38	4,62	Grandes
<i>Juglans neotropica</i>	77,37	15,39	5,20	1,67	Grandes
<i>Nectandra obtusata</i>	50,00	31,94	13,66	4,38	Pequeños
<i>Pouteria lucuma</i>	24,57	36,77	25,01	13,63	Pequeños

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

De las cinco especies en estudio priorizan los poros solitarios en 4 de ellas, es así que en *Mauria suaveolens* representan el 76,74% de poros en un área de 1 cm², en *Croton lechleri* un 61,36%, en *Juglans neotropica* el 77,37% y en *Nectandra obtusata* el 50%.

En cuanto a *Pouteria lucuma*, en un área de 1 cm² son más abundantes los poros múltiples de 2 en un porcentaje de 36,77%. La mayor cantidad de poros en general, está atribuida para *Mauria suaveolens*, pero son poros pequeños y la menor cantidad se encontró en *Croton lechleri*, siendo poros grandes.

3.2.1.4. Análisis estadístico de las características anatómicas

Se trabajó con 9 fotografías por cada repetición del plano transversal, en total 27 fotografías por cada especie en estudio, obteniendo los datos de perímetro y número de poros tanto solitarios, múltiples de 2, 3 y 4, se los organizó en una tabla resumen en Excel.

En el programa estadístico Infostat, utilizando los datos de las dos variables perímetro y cantidad de poros, se efectuó el análisis de varianza con el objetivo de identificar si existen o no diferencias significativas entre los datos ingresados, correspondientes a cada una de las especies en estudio. Se ejecutó la prueba Shapiro-Wilks para evaluar la normalidad de los datos. Se realizó la prueba de Tukey para realizar tablas comparativas entre los tratamientos.

Perímetro de los poros

Tabla 8-3: Prueba Tukey $p \leq 0,05\%$, promedio perímetro poros solitarios

ESPECIE	Medias	n	E.E.	
<i>Nectandra obtusata</i>	55,36	3	1,94	A
<i>Pouteria lucuma</i>	62,68	3	1,94	A B
<i>Mauria suaveolens</i>	68,18	3	1,94	B
<i>Juglans neotropica</i>	104,82	3	1,94	C
<i>Croton lechleri</i>	106,83	3	1,94	C

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Al aplicar la prueba de Shapiro Wilks se determinó que los datos provienen de una distribución normal (Anexo A), según la prueba de Tukey de acuerdo al promedio del perímetro de los poros solitarios de las cinco especies forestales en estudio, se evidencian 3 categorías (A, B y C) en donde *Nectandra obtusata* y *Pouteria lucuma* pertenecen a la categoría A. *Pouteria lucuma* y *Mauria suaveolens* comparten la categoría B. *Juglans neotropica* y *Croton lechleri* se ubican en la categoría C. Las especies que comparten una misma categoría no presentan diferencias significativas.

Cantidad de poros

Tabla 9-3: Prueba Tukey $p \leq 0,05\%$, número poros solitarios de las especies

<u>ESPECIE</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>		
<i>Pouteria lucuma</i>	149,00	3	54,42	A	
<i>Nectandra obtusata</i>	300,00	3	54,42	A	B
<i>Croton lechleri</i>	300,67	3	54,42	A	B
<i>Juglans neotropica</i>	460,67	3	54,42		B
<i>Mauria suaveolens</i>	1073,67	3	54,42		C

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Al aplicar la prueba de Shapiro Wilks se determinó que los datos provienen de una distribución normal (Anexo C), según la prueba de Tukey de acuerdo a la cantidad de poros solitarios de cada especie en estudio, se evidencian 3 categorías (A, B y C) en donde *Pouteria lucuma* pertenece a la categoría A, *Nectandra obtusata* y *Croton lechleri* comparten las categorías A y B. *Juglans neotropica* están dentro de la categoría B. *Mauria suaveolens* pertenece a la categoría C. Las especies que comparten una misma categoría no presentan diferencias significativas.

Tabla 10-3: Prueba Tukey $p \leq 0,05\%$, número poros múltiples de 2 de las especies

<u>ESPECIE</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>		
<i>Juglans neotropica</i>	91,67	3	12,64	A	
<i>Croton lechleri</i>	120,67	3	12,64	A	
<i>Nectandra obtusata</i>	191,67	3	12,64		B
<i>Pouteria lucuma</i>	223,00	3	12,64		B C
<i>Mauria suaveolens</i>	279,33	3	12,64		C

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Al aplicar la prueba de Shapiro Wilks se determinó que los datos provienen de una distribución normal (Anexo E), según la prueba de Tukey de acuerdo al número de poros múltiples de 2 de las cinco especies forestales en estudio, se evidencian 3 categorías (A, B y C) en donde *Juglans neotropica* y *Croton lechleri* pertenecen a la categoría A. *Nectandra obtusata* y *Pouteria lucuma* comparten la categoría B. *Pouteria lucuma* y *Mauria suaveolens* comparten la categoría C. Las especies que comparten una misma categoría no presentan diferencias significativas.

Tabla 11-3: Prueba Tukey $p \leq 0,05\%$, número poros múltiples de 3 de las especies

<u>ESPECIE</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
<i>Juglans neotropica</i>	31,00	3	9,52	A
<i>Mauria suaveolens</i>	32,00	3	9,52	A
<i>Croton lechleri</i>	46,00	3	9,52	A B
<i>Nectandra obtusata</i>	82,00	3	9,52	B
<i>Pouteria lucuma</i>	151,67	3	9,52	C

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Al aplicar la prueba de Shapiro Wilks se determinó que los datos provienen de una distribución normal (Anexo G), según la prueba de Tukey de acuerdo a la cantidad de poros múltiples de 3 de las cinco especies forestales en estudio, se evidencian 3 categorías (A, B y C) en donde *Juglans neotropica*, *Mauria suaveolens* y *Croton lechleri* pertenecen a la categoría A. *Croton lechleri* y *Nectandra obtusata* comparten la categoría B. *Pouteria lucuma* pertenece a la categoría C. Las especies que comparten una misma categoría no presentan diferencias significativas.

Tabla 12-3: Prueba Tukey $p \leq 0,05\%$, número poros múltiples de 4 de las especies

<u>ESPECIE</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
<i>Juglans neotropica</i>	12,00	3	3,30	A
<i>Mauria suaveolens</i>	14,00	3	3,30	A
<i>Croton lechleri</i>	22,67	3	3,30	A
<i>Nectandra obtusata</i>	26,33	3	3,30	A
<i>Pouteria lucuma</i>	82,67	3	3,30	B

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Al aplicar la prueba de Shapiro Wilks se determinó que los datos provienen de una distribución normal (Anexo I), según la prueba de Tukey de acuerdo a la cantidad de poros múltiples de 4 de las cinco especies forestales en estudio, se evidencian 2 categorías (A y B) en donde *Juglans*

neotropica, *Mauria suaveolens*, *Croton lechleri* y *Nectandra obtusata* pertenecen a la categoría A. *Pouteria lucuma* se ubica en la categoría B. Las especies que comparten una misma categoría no presentan diferencias significativas.

3.2.2. Características organolépticas

- *Mauria suaveolens* Poepp & Endl

Presenta fuste casi cilíndrico, corteza escamosa de color blanquecino grisáceo, su madera en estado seco y según la Tabla de Munsell, la albura tiene un color amarillo pálido 5Y 8/4 y el duramen de color amarillo verdoso 5Y 7/10, presenta un brillo bajo, grano entrecruzado, textura fina, vetado en bandas paralelas, su olor en estado verde es picante y en estado seco agradable, en cuanto al sabor es astringente.





Figura 16-3: Características macroscópicas de *Mauria suaveolens* **a)** corteza **b)** sección transversal **c)** sección tangencial **d)** sección radial

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

- *Croton lechleri* Muell. Arg

Esta especie presenta una corteza lenticelada de color gris blanquecino, en estado seco y según la Tabla de Munsell su albura es de color blanco amarillento 2.5GY 8/2 y duramen amarillo pálido 2.5 GY 8/4, brillo bajo, grano recto, textura media, veteado en arcos superpuestos, olor aromático (té), sabor agradable.





Figura 17-3: Características macroscópicas de *Croton lechleri* **a)** corteza **b)** sección transversal **c)** sección tangencial **d)** sección radial

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

- *Juglans neotropica* Diels

Especie con fuste cilíndrico, corteza color gris oscuro acanalada y fisurada, el color de su madera en estado seco, la albura color marrón claro 7.5YR 4/4 y el duramen color marrón opaco 2.5Y 6/6, su brillo es medio, grano ondulado, textura fina, veteado jaspeado y en arcos superpuestos, olor agradable, fragante y su sabor agradable.



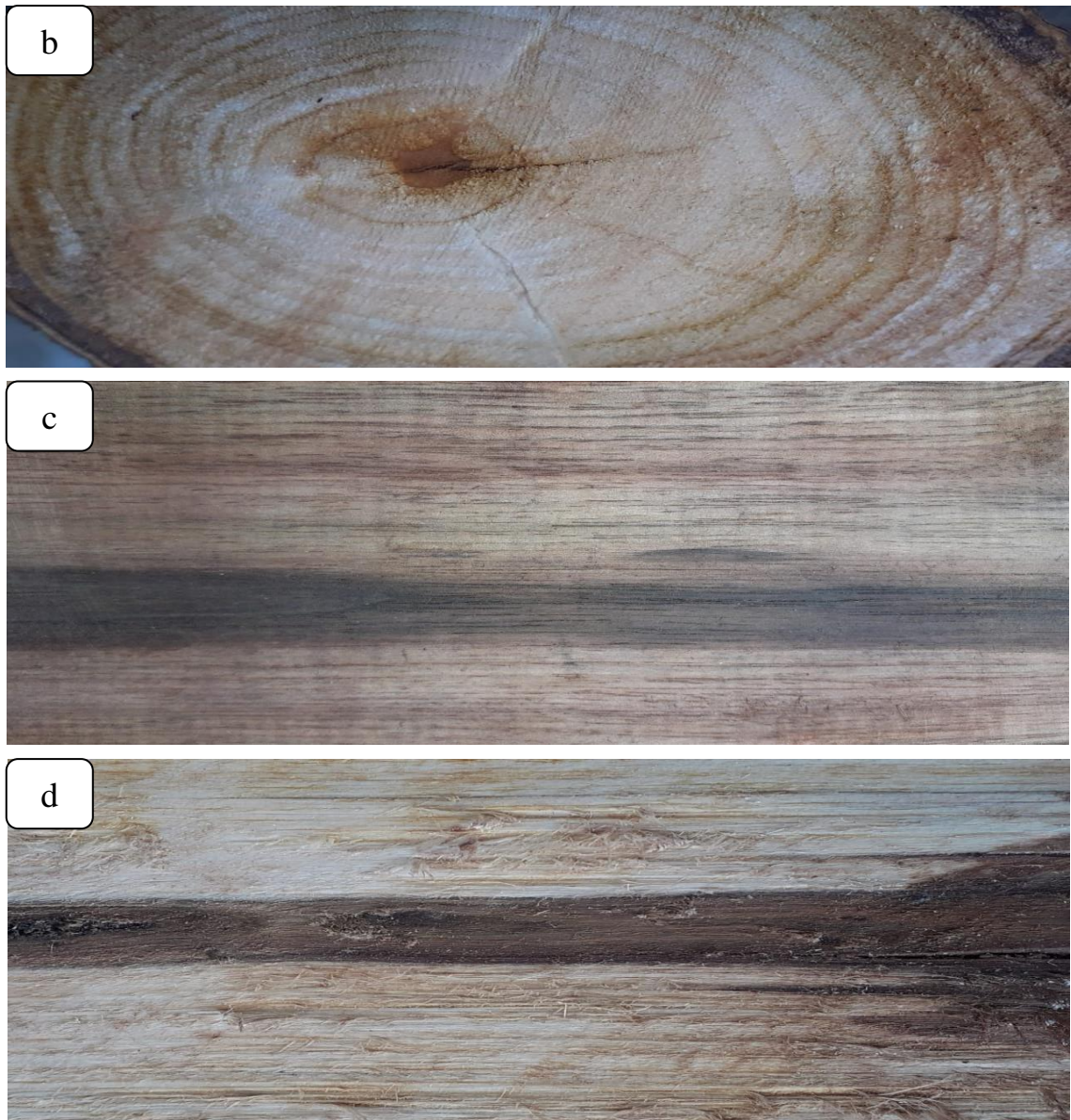


Figura 18-3: Características macroscópicas de *Juglans neotropica* **a)** corteza **b)** sección transversal **c)** sección tangencial **d)** sección radial

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

- *Nectandra obtusata* Rohwer

Posee una corteza marrón grisáceo con lenticelas, en estado seco la albura de su madera según la Tabla de Munsell, su albura es de color marrón pálido 5Y 6/4 y su duramen de color marrón 5Y 5/6, brillo medio, grano ondulado, textura fina, veteado jaspeado, presenta olor y sabor agradable.



Figura 19-3: Características macroscópicas de *Aegiphila monticola* **a)** corteza **b)** sección transversal **c)** sección tangencial **d)** sección radial

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

- *Pouteria lucuma* (R. & P.) O. Kuntze

Esta especie presenta un fuste cilíndrico con corteza ligeramente lisa y lenticelada de color marrón grisáceo, de acuerdo con la tabla de Munsell, en estado seco su albura tiene un color café oscuro 5Y 7/10 y el duramen de color marrón pálido 2.5Y 8/2, con un brillo medio, alto contenido de sílice, grano recto a inclinado, textura media, veteado jaspeado, un olor agradable y sabor amargo distinguible en un par de minutos.





Figura 20-3: Características macroscópicas de *Pouteria lucuma* **a)** corteza **b)** sección transversal **c)** sección tangencial **d)** sección tangencial

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Tabla 13-3: Características macroscópicas de las cinco especies forestales

CARACTERÍSTICAS	<i>Mauria suaveolens</i>	<i>Croton lechleri</i>	<i>Juglans neotropica</i>	<i>Nectandra obtusata</i>	<i>Pouteria lucuma</i>
Corteza	Escamoso color blanquecino grisáceo	Lenticelada de color gris blanquecino	Acanalada y fisurada color gris oscuro	Lenticelada color marrón grisáceo	Ligeramente lisa color marrón grisáceo y lenticelada
Color albura	Amarillo pálido 5Y 8/4	Blanco amarillento 2.5 GY 8/2	Marrón claro 7.5YR 4/4	Marrón opaco 5Y 6/4	Café oscuro 5Y 7/10
Color duramen	Amarillo verdoso 5Y 7/10	Amarillo pálido 2.5 GY 8/4	Marrón opaco 2.5Y 6/6	Marrón 5Y 5/6	Marrón pálido 2.5Y 8/2
Brillo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
Grano	Entrecruzado	Recto	Ondulado	Ondulado	Recto a inclinado
Textura	Fina	Media	Fina	Fina	Media

Veteado	Bandas paralelas	Arcos superpuestos	Jaspeado y arcos superpuestos	Jaspeado	Jaspeado
Olor	Agradable	Aromático	Agradable fragante	Agradable	Agradable
Sabor	Astringente	Agradable	Agradable	Agradable	Amargo

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Discusión

Lebel (2010, p. 34) señala que la corteza externa de *Pouteria lucuma* es de color marrón grisáceo y su corteza interna homogénea de color rosado con látex blanco de secreción lenta, según (Kukachka, 1982, p. 3) la madera de esta especie es de color marrón oscuro, marrón claro o marrón rojizo, clasificándose como una madera pesada a muy pesada, especificando que los ejemplares del duramen siempre se hunden en el agua. Por otra parte, (Detienne, 1982 citado en Suasnabar & Monge, 2019, pp. 9-11) indica que para el género *Pouteria* se ha identificado un grano recto, textura media, con olor agradable y veteado suave. Los estudios citados anteriormente comparten características similares con esta investigación.

La familia Anacardiaceae presenta compuestos fenólicos en la resina y la presencia de canales resiníferos en la corteza, estudios realizados en especies del género *Mauria* indican características organolépticas similares a excepción del color de la madera que en el estudio fue de amarillo pálido a amarillo verdoso y según (León, 2003, párr. 27) es de color rosado sin transición entre albura y duramen, grano recto, olor y sabor ausentes, moderadamente dura y pesada.

En cuanto a la corteza, las especies que conforman este género tienen una corteza blanquecina y la corteza interna resinosa según (Rojas & Torres, 2015, p. 53), concordando con ciertas características de las especies en este estudio.

En cuanto a las características macroscópicas de *Juglans neotropica* Diels, contrario al presente estudio (Toro & Roldán, 2018, pp. 3-4) registran una corteza interna color fibrosa color crema, con médula púrpura, su olor en estado seco, es característico debido a las gomas en los elementos vasculares. (Ecuador Forestal, 2010, p. 2) añade que la textura de la madera de *Juglans neotropica* es fina a mediana y su veteado se encuentra en arcos superpuestos producidos por bandas de tejido denso y oscuro del leño tardío. Es así que las características de esta especie detalladas en esta investigación concuerdan con los estudios mencionados.

La única diferencia en las características macroscópicas de *Croton lechleri* Muell. Arg señaladas por (Altamirano, 2015, p. 18) fue de la estructura de la corteza que se torna agrietada y parda en su

vejez, corteza interna de color rosado que exuda savia roja traslúcida, por otro lado (Giménez & Moglia, 2003, p. 125) detalla que el color de la madera en el género *Croton* no se diferencia entre albura y duramen solo se observa en una transición blanco-amarillento y un vetado liso. Un grano recto a entrecruzado, textura media, olor y sabor agradable. La investigación realizada afirma algunas de las características de las especies en estudio.

La madera de *Nectandra obtusata*, de acuerdo con (Coveña, 2019, p. 23) presenta una corteza gris y lenticelada, duramen de color amarillo, grano entrecruzado, textura media, mientras que en esta investigación se señala una corteza de color marrón grisáceo con lenticelas, duramen marrón, grano ondulado y textura fina.

3.2.3. Densidad

- Densidad en estado seco

Tabla 14-3: Densidad en estado seco de las especies forestales en estudio

ESPECIE	MASA (g)	VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD ($\rho = \text{g/cm}^3$)
<i>Mauria suaveolens</i>	5,30	7,30	0,72
<i>Croton lechleri</i>	2,00	6,80	0,29
<i>Juglans neotropica</i>	3,59	6,95	0,51
<i>Nectandra obtusata</i>	3,00	8,03	0,37
<i>Pouteria lucuma</i>	5,10	7,72	0,66

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Se obtuvo diferentes valores de densidad de la madera en estado seco para cada una de las especies forestales en estudio. *Mauria suaveolens* y *Pouteria lucuma* son maderas altamente densas según la “Tabla de clasificación de la madera de acuerdo a su densidad” de (Viscarra, 1998) citado por (Rivera, 2014, p. 14). *Juglans neotropica* resultó ser una madera medianamente densa. *Nectandra obtusata* tiene una densidad baja y *Croton lechleri* presenta una densidad muy baja.

- Densidad en estado verde

Tabla 15-3: Densidad en estado verde de las especies forestales en estudio

ESPECIE	MASA (g)	VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD ($\rho = \text{g/cm}^3$)
<i>Mauria suaveolens</i>	7,00	7,50	0,93
<i>Croton lechleri</i>	2,50	7,00	0,35
<i>Juglans neotropica</i>	5,00	7,50	0,67
<i>Nectandra obtusata</i>	4,50	8,50	0,53
<i>Pouteria lucuma</i>	7,30	8,03	0,90

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Debido a las características y componentes de la madera se obtuvo distintas densidades en estado verde. *Mauria suaveolens* y *Pouteria lucuma* poseen una densidad en estado verde muy alta. *Juglans neotropica* una densidad alta, *Nectandra obtusata* se consideró medianamente densa y *Croton lechleri* presenta una densidad baja.

Discusión

Para el caso de *Mauria suaveolens* no se encontraron estudios sobre la densidad, pero (Riesco, Imaña & Elías de Paula, 2019, p. 6) determinaron que la densidad en estado seco para la familia Anacardiaceae está en un rango entre 0,70 a 0,75 g/cm³ consideradas maderas semipesadas, es así que en la especie en estudio, se determinó un valor de 0,72 incluida en el rango mencionado.

En cuanto a *Croton lechleri* (Rosales, 2019, p. 39) señala para esta especie una densidad de 0,40 g/cm³, comparte características aproximadas con el resultado obtenido en esta investigación que fue de 0,35 g/cm³ en estado verde.

Se obtuvo una densidad en estado seco de 0,51 g/cm³ y en estado verde de 0,67 g/cm³ para *Juglans neotropica*, lo cual demuestra una variación significativa con los resultados obtenidos por (Toro & Roldán, 2018, p. 9) en donde determina una densidad en estado seco de 0,65 g/cm³ y en estado verde de 0,69 g/cm³, tomando en cuenta que es una variable dependiente de varios factores como: la edad del árbol, condiciones climáticas de desarrollo, procedencia de la muestra y demás.

Coveña (2019, pp. 47-48) determinó para *Nectandra obtusata*, una densidad en estado seco de 0,32 g/cm³ y en estado verde de 0,81 g/cm³, mostrando una variabilidad significativa en comparación con los resultados obtenidos en esta investigación.

Para *Pouteria lucuma* en este estudio se obtuvo una densidad en estado en seco de 0,66 g/cm³ y en estado verde de 0,90 g/cm³, (Armijos, 2019, p. 107) en su estudio “Evaluación anatómica de 50 especies forestales en el Sur de Ecuador” menciona que *Pouteria lucuma* presenta valores altos de densidad ubicados en un rango de 0,61 a 1, lo cual concuerda con los datos obtenidos en esta investigación.

3.3. Determinar el pH de las muestras maderables de las cinco especies.

Tabla 16-3: Relación aserrín/agua destilada y pH de las cinco especies

ESPECIE	AGUA DESTILADA (mL)	ASERRÍN (g)	pH	DENOMINACIÓN
<i>Mauria suaveolens</i>	90	20	5,87	Ligeramente ácido
<i>Croton lechleri</i>	120	20	6,24	Ligeramente ácido
<i>Juglans neotropica</i>	65	20	5,42	Ligeramente ácido
<i>Nectandra obtusata</i>	125	20	5,38	Ligeramente ácido
<i>Pouteria lucuma</i>	100	20	5,24	Ligeramente ácido

Realizado por: Alvarado, Jennyfer, 2021.

Todas las especies forestales en estudio presentan un pH ligeramente ácido siendo el más ácido *Croton lechleri* con 6,24 y el menos ácido *Pouteria lucuma* con 5,24.

Discusión

Según el estudio denominado “Efecto del pH y la capacidad amortiguadora de la madera sobre el tiempo de gelificación de la resina de úrea-formaldeído” realizado por (Johns & Niazi, 1980, p. 255) las especies de madera en general, tienen un pH de 3,0 a 6,5. Para este estudio los valores de pH variaron de 5,24 a 5,87 para maderas duras, tal es el caso de *Pouteria lucuma*, *Mauria suaveolens* y *Nectandra obtusata*; mientras que para maderas blandas a semiblandas varía de 5,42 a 6,24 para *Juglans neotropica* y *Croton lechleri* respectivamente. Valores incluidos dentro del rango expuesto por los autores antes mencionados.

CONCLUSIONES

- Se aceptó la hipótesis alternativa ya que las propiedades físicas y químicas de las cinco especies forestales estudiadas son diferentes.
- Se consiguió identificar las especies forestales en estudio, a nivel de familia, género y especie, al comparar con los especímenes del Herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, concluyendo que todas pertenecen a familias distintas y tienen características propias de cada una de ellas. Aunque concordando en una característica de campo, son árboles sanos con fuste cilíndrico y recto.
- Basado en el análisis de los resultados se concluye que, la mayoría de las estructuras anatómicas se lograron visualizar de mejor manera, con la combinación de los tintes safranina y astrablue, en cuatro de las especies estudiadas predominan los poros solitarios y en una los poros múltiples. Todas comparten la característica de poseer una porosidad difusa y paralela a los radios, parénquima axial difuso y difuso en agregados y anillos de crecimiento visibles. Por otro lado, se observa mayor variabilidad en las células radiales que van desde células verticales y cuadradas, procumbentes, parenquimáticas hasta células envolventes.
En cuanto a los radios, se encontraron radios multiseriados y uniseriados en la gran mayoría, así como fibras septadas y no septadas. Todas las especies presentaron inclusiones, en este caso tílido para *Mauria suaveolens*, *Croton lechleri* y *Nectandra obtusata* para *Pouteria lucuma* y *Juglans neotropica* se ha encontrado goma; y cristales de oxalato en *Pouteria lucuma* y *Mauria suaveolens*. Se observó poros de tamaño pequeño excepto para *Juglans neotropica* y *Croton lechleri*. En cuanto a la cantidad de poros *Mauria suaveolens* presentó la mayor cantidad siendo poros pequeños y *Croton lechleri* la menor cantidad con poros grandes.
- La determinación de las características macroscópicas complementada con las muestras para la Xiloteca institucional constituyen un logro importante, de este modo se encontró que la corteza de 3 de las especies en estudio comparten la característica de tener lenticelas a excepción de *Mauria suaveolens* y *Juglans neotropica*, el color tanto de albura y duramen varía ya que como bien es sabido esta característica puede variar de un individuo a otro de la misma especie e incluso en el mismo individuo.
- Para la densidad se concluye que *Croton lechleri* presenta la densidad más baja de las cinco especies en estudio, debido a que tiene poros grandes y en menor cantidad mientras que la densidad más alta fue atribuida a *Mauria suaveolens*, por la gran cantidad de poros que presenta.
- Para este estudio los valores de pH indicaron que las especies estudiadas presentan un pH ligeramente ácido.
- Los resultados obtenidos en este estudio, demuestran el alto potencial que tienen los ecosistemas de bosque andino para realizar estudios de anatomía de madera, ya que la información actual es muy escasa.

RECOMENDACIONES

- Considerar el nombre científico de las especies, así como las muestras dendrológicas fértiles para una correcta identificación.
- Desarrollar futuras investigaciones complementarias con la caracterización anatómica, así como fenología, propiedades mecánicas, trabajabilidad, durabilidad, tratamientos germinativos, de las especies forestales, para lograr una base sólida de caracterización y usos diversificados de las especies leñosas.
- Se recomienda considerar la observación y determinación de propiedades físicas, químicas y mecánicas en cortes de madera de área mayor ya que en un corte pequeño no es posible observar todas las características de la madera de una especie e incluso para un árbol.
- Para estudios posteriores se recomienda utilizar la combinación de safranina y astrablue ya que permite visualizar mayor cantidad de estructuras y muestra mayor afinidad de las muestras maderables.

GLOSARIO

Carcoma: o polilla de madera, agrupa pequeños coleópteros que cuyas larvas perforan la madera causando daños al formar galerías en esta estructura, prefieren la madera seca y no la recién cortada y en lugares poco ventilados (González & Vallejo, 2014, p. 347).

Célula procumbente: célula de los radios cuyo eje mayor se extiende en sentido radial, también conocida como célula horizontal (INEN, 2013, p. 3).

Ciatio: inflorescencia cimosa en forma de copa en donde se encierran las flores en su interior, en el centro está una única flor femenina apétala (Huaranca, 2010, p. 12).

Durabilidad: hace referencia a la resistencia intrínseca de la madera frente a los agentes xilófagos, sin haber recibido algún tratamiento (Touza, 2015, p. 19).

Dureza: es la resistencia de la madera ante la penetración de herramientas extrañas como clavos o tornillos, determina la dificultad de un trabajo manual o mecánico (AITIM, 2015, p. 6).

Espécimen: Se entiende como todo material biológico expuesto a un análisis, comparación, estudio o examen y que analíticamente es equivalente a una muestra (FAO, 2012, p. 15).

Fibra: hace referencia a las células alargadas y delgadas del leño, constituyente principal de la madera, que no es un vaso o un parénquima (INEN, 2013, p. 6).

Filogenia: rama de la biología que se encarga de las relaciones de parentesco entre grupos de seres vivos, así como del origen y desarrollo evolutivo de las especies (RAE, 2021, párr. 1).

Lenticela: estructura de forma lenticular constituida por células no compactamente dispuestas que solo alcanzan un pequeño grado de suberización, permite el intercambio gaseoso a manera de una capa impermeable (INEN, 2013, p. 7).

BIBLIOGRAFIA

AGUILAR, J. & GUZOWSKI, E. *Materiales y materias primas. Madera* [en línea]. Argentina, 2011. [Consulta: 1 mayo 2021]. Disponible en: <http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/madera.pdf>.

AGUIRRE, Z. Dendrología del Sur del Ecuador. Universidad Nacional de Loja., 2012. pp. 1-75.

ALBORNOZ, P. Técnicas histológicas vegetal [en línea]. 2006, pp. 22. Disponible en: http://histonoa.csnat.unt.edu.ar/pdf/Técnicas_histológicas_vegetal_Histo-NOA.pdf.

ALEGRE CABALLERO, Miriam Giannina & TICSE AGUILAR, Astrid Maria del Carmen. Caracterización de macrocomponentes en pulpa congelada de tres biotipos de lúcumá (*Pouteria lucuma*) [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad San Ignacio de Loyola, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Agroindustrial y Agronegocios, Lima, Perú. 2017. [Consulta: 1 abril 2021]. Disponible en: http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/2749/1/2017_Alegre_Caracterizacion-de-microcomponentes.pdf.

ALTAMIRANO PÉREZ, Irma Vanessa. Evaluación de la actividad antioxidante de cuatro especies del género *Croton* [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas, Carrera de Química Farmacéutica, Quito, Ecuador. 2015. [Consulta: 1 abril 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1610/1/T-UCE-0005-218.pdf>.

ARMIJOS MONTAÑO, Andrés Roosevelt. Evaluación anatómica de 50 especies forestales en el Sur del Ecuador [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Forestal, Loja, Ecuador. 2019. [Consulta: 3 abril 2021]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/21992>

ARMIJOS, A., et al. Anatomía de la madera de diez especies forestales de bosque andino del sur del Ecuador. *Cedamaz* [en línea], 2017. vol. 7, pp. 83-95. Disponible en: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/375/330>.

ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN TÉCNICA DE LAS INDUSTRIAS DE LA MADERA. Madera Generalidades [en línea]. 2015, pp. 12. Disponible en: http://www.infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_2_MaderaGeneralidades_06.06.2011.pdf.

BARAÑO, J., et al. *Manual para la identificación de maderas con aumentos de hasta 10x* [en línea]. Universidad Nacional de Luján, Buenos Aires Argentina., 2008. pp. 57. ISSN 1532-2971. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22000782>.

BRAVO, E. *La biodiversidad en el Ecuador* [en línea]. Quito, Ecuador: Editorial Universitaria Abya-Yala, 2014. ISBN 978-9978-10-168-1. [Consulta: 4 abril 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6788/1/La%20Biodiversidad.pdf>

CARANQUI, J. *Manual de operaciones Herbario Politecnico (CHEP)* [en línea]. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2011. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/504>.

CARPIO, T. *La madera como expresión viva del detalle estético* [en línea]. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca, 2010. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3139>

CCAYANCHIRA, F., & REYES, M. "Anatomía, propiedades físico-mecánicas, químicas y potencial dendrocronológico de *Cedrela odorata* L. y *Terminalia oblonga* (Ruiz & Pav.) Centro Apiari, Pichanaki - Junín". Universidad Nacional del Centro del Perú [en línea], 2019, Perú, pp. 128.

CHAVE, J. *Medición de densidad de madera en árboles tropicales manual de campo* [en línea]. Toulouse, France: Université Paul Sabatier, 2006. pp. 1-7. Disponible en: [http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/wood_density_spanish\[1\].pdf](http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/wood_density_spanish[1].pdf).

CHAVESTA, M. *Separata de capacitación sobre identificación de maderas* [en línea]. 2012, pp. 1-21. Disponible en: https://www.academia.edu/36439658/LABORATORIO_DE_ANATOMÍA_DE_LA_MADERA_SEPARATA_DE_CAPACITACIÓN_SOBRE_IDENTIFICACIÓN_DE_MADERAS_UNIVERSIDAD_NACIONAL_AGRARIA.

COVEÑA CABRERA, Karina Isabel. Descripción anatómica de la madera de cuatro especies forestales, procedentes del noroccidente de Pichincha, Cantón Puerto Quito [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal. Riobamba, Ecuador. 2019. [Consulta: 3 abril 2021]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/12411>

COY, C., GÓMEZ, D., & CASTIBLANCO, F. Medicinal importance of Croton genus (Euphorbiaceae) [en línea]. Revista Cubana de Plantas Medicinales, 2016. vol. 21, no. 2, pp. 234-247. ISSN 10284796. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v21n2/pla11216.pdf>.

DANIEL, H. Flora del Capiro [en línea], 1937. Disponible en: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/424/1/FloraCapiroDaniel.pdf>.

DAVIES, C., et al. *Recursos forestales. Flujos de Materiales y Productividad de Recursos en América Latina* [en línea]. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2013. pp. 6. Disponible en: <http://www.ces.csiro.au/forms/form-mf-la-start.aspx>.

DÍAZ, A. Monografía sobre los conocimientos botánicos de la familia Euphorbiaceae y la especie Croton lechleri. 2015. pp. 42. DOI 10.13140.

ECUADOR FORESTAL. Ficha técnica del nogal [en línea]. 2010. Disponible en: <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/NOGAL.pdf>.

FAO. *Recursos Forestales Mundiales (FRA). Términos y Definiciones* [en línea]. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2015. vol. 18, pp. 37. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/017/ap862s/ap862s00.pdf>.

FAO. *Glosario de términos sobre garantía de calidad y buenas prácticas de laboratorio.* Sección de Laboratorio y Asuntos Científicos, 2012. vol. 11, no. 1, pp. 1-44.

FEIJOO, C., RAMÓN, D., & PUCHA, D. *Guía para cortes anatómicos de la madera* [en línea]. Loja, Ecuador. 2018. ISBN 9789978355374. Disponible en: https://unl.edu.ec/sites/default/files/archivo/2019-12/GUÍA PARA CORTES ANATÓMICOS DE LA MADERA_compressed_0.pdf.

FLOR-TRIANA, L., & JARAMILLO, D. *Informes de química: Neutralización, pH y titulación* [blog]. 2018. [Consulta: 1 mayo 2021]. Disponible en: <http://informes11-2.blogspot.com/2018/11/>.

GAD MULTITUD. Ubicación de la parroquia Multitud [en línea]. 2019. [Consulta: 4 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.gadmultipud.gob.ec/la-parroquia/datos-generales/ubicacion.html>.

GARCÍA, L. *La madera y su anatomía: anomalías y defectos*. 2003. ISBN 978-84-8476-153-2.

GIMÉNEZ, A., & MOGLIA, J. Árboles del Chaco Argentino. Guía para el reconocimiento dendrológico. *Universidad Nacional de Santiago del Estero* [en línea], 2003. pp. 307. Disponible en: <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/publicaciones/libro-arboles-del-chaco/libro-arboles-del-chaco-argentino-GIMENEZ-MOGLIA.pdf>.

GIMÉNEZ, A., et al. *Anatomía de madera* [en línea]. 2^{da} edición. Argentina. Universidad Nacional de Santiago del Estero, 2005. ISBN 9789871676088. Disponible en: <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/sd-1-anatomia-de-madera.pdf>.

GONZALES, E. *Identificación organoléptica y macroscópica de maderas comerciales* [Guía de contenidos]. 1^{era} edición. Lima: 2008. [Consulta: 1 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/citemadera/informes-publicaciones/462514-identificacion-organoleptica-y-macroscopica-de-madera-comerciales>

GONZÁLEZ, J., & VALLEJO, J. "El uso tradicional de algunos insectos destructores de la madera en la etnomedicina española". *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A)*, n° 55 (2014) (España) pp. 347-350.

HUARANCA, R. *La flor, inflorescencia y fruto* [en línea]. Botánica General y Sistemática. 2010. pp. 14. Disponible en: <https://agronomiasustentable.files.wordpress.com/2012/09/la-flor-clasificacion.pdf>.

INEN. Anatomía de la madera, Terminología [en línea]. 1^{era} edición. 2013. pp. 1-16. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1157-1.pdf>.

INEN. Maderas. Determinación de la densidad aparente [en línea], 2013. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1162.pdf>.

JOHNS, W., & NIAZI, K. Effect of pH and buffering capacity of wood on the relation time of urea formaldehyde resin. *Wood and Fiber Science* [online], 1980. vol. 12, no. 4, pp. 255-263. Available in: <https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/1988/1988>.

JØRGENSEN, P., & LEÓN-YÁNEZ, S. Catalogue of the Vascular plants of Ecuador. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*. 1999.

KUKACHKA, B. Wood anatomy of the neotropical Sapotaceae: Pouteria XXXI. *Laboratorio de productos forestales* [en línea], 1982. vol. 419. Disponible en: <https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplrp/fplrp419.pdf>.

LEBEL, C. Caracterización dendrológica de las especies leñosas del Distrito De Pacarán, Cañete, Lima [en línea]. 2010. Universidad Nacional Agraria La Molina. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1653/F70.L44T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

LEÓN, W. Estudio anatómico del Xilema Secundario de 17 especies de la familia Anacardiaceae en Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica* [en línea], 2003. vol. 26, pp. 1-30. [Consulta: 3 marzo 2021]. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0084-59062003000100001.

LEÓN, W. Anatomía y densidad o peso específico de la madera. *Revista Forestal Venezolana*, 2010. vol. 54 (1), pp. 67-76. ISSN 0556-6606.

LLUNCOR, D. Estudio de la estructura anatómica de diez especies de bosques secundarios y primarios residuales [en línea]. 2011. vol. 2, pp. 33. Disponible en: http://www.itto.int/files/user/pdf/PROJECT_REPORTS/PD512_08_Estructura_anatómica_de_10_especies_de_bosques_secundarios.pdf.

LÓPEZ, E. Catálogo de Maderas Ecuador [en línea]. 2015. [Consulta: 18 enero 2021]. Disponible en: https://issuu.com/enylopez/docs/catalogo_de_maderas_ecuador_.

MAE. Sistema de Clasificación de los Ecosistemas de Ecuador Continental [en línea]. 2013. pp. 1-5. Disponible en: <http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PDOT/NIVELNACIONAL/MAE/ECOSISTEMAS/DOCUMENTOS/Sistema.pdf>.

MAE & FAO. Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales [en línea], 2014. pp. 105. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i4407s.pdf>.

MARIN, A. Tipos de madera: Características y Clasificación con Ejemplos. [en línea]. 2017. [Consulta: 18 enero 2021]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/subsuelo/tipos-de-madera-74609369>.

MÉNDEZ, I., & RIFÁ, J. La identificación de organismos vegetales a partir del nombre común; un método útil para la enseñanza y el aprendizaje de la Botánica. Revista Bio-grafía Escritos sobre la biología y su enseñanza [en línea], 2011. vol. 4, no. 7, pp. 111-120. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/304520438_La_identificacion_de_organismos_vegetales_a_partir_del_nombre_comun_un_metodo_util_para_la_ensenanza_y_el_aprendizaje_de_la_Botanica/link/577e08cf08aeae3b27e5294/download.

MENDOZA, M. Estudio investigativo y análisis de la luma y su aplicación en la gastronomía [en línea]. 2013. Universidad Tecnológica Equinoccial. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/12996/1/52868_1.pdf.

MOGLIA, J., GIMÉNEZ, A., & BRAVO, S. Macroscopia De La Madera. 2014a. ISBN 9789871676460.

MOGLIA, J., GIMÉNEZ, A., & BRAVO, S. Macroscopía de la madera [en línea]. 2014b. ISBN 9789871676460. Disponible en: <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-20-Macroscopia-madera-MOGLIA.pdf>.

MONTEOLIVA, S. La madera: propiedades y productos forestales [en línea]. 2009. pp. 13. Disponible en: http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/19010/mod_resource/content/1/Clase_1_Xilo_Propiedades_madera.pdf.

MORA, M., & LEÓN, W. Anatomía de la madera y sus aplicaciones taxonómicas en Venezuela. *Revista Pittieria*, 2019. no. 43, pp. 44-59. ISSN 0554-2111.

NUTSCH, W. Tecnología de la madera y del mueble [en línea]. 1996. Reverté S. Barcelona. [Consulta: 18 enero 2021]. ISBN 84-291-1435-1. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ii1i7ZCDDuYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=la+madera&ots=16sT184cGW&sig=5mwk4QM14cREJ9YWwtwROpaQv6w#v=onepage&q=la+madera&f=false>.

OLIVA, M., et al. Botanical identification of native species most important of dairy basins Molinopampa, Pomacochas and Leymebamba, Amazonas, Peru. *Scientia agropecuaria* [online], 2015. vol. 6, no. 2, pp. 125-129. [Consulta: 18 enero 2021]. ISSN 20779917. Available in: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>.

OSPINA, C., et al. El cedro negro : una especie promisoría en la zona cafetera. *Cenicafe* [en línea], 2003. vol. 25, pp. 5-6. Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/publications/bot025.pdf>.

PALACIOS, W. Familias y Géneros Arbóreos del Ecuador [en línea]. 2011. Disponible en: http://coin.fao.org/coinstatic/cms/media/21/14042335985960/familias_y_gneros_arboreos_del_ecuador.pdf.

PALTA MOROCHO, Ivelia Cecibel. Estudio de factibilidad de un producto turístico para la Parroquia Multitud, Cantón Alausí, Provincia de Chimborazo [en línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería en Ecoturismo. Riobamba, Ecuador. 2016. [Consulta: 7 abril 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5140>

PDOT MULTITUD. Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Multitud Cantón Alausí Provincia de Chimborazo [en línea]. Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Multitud. 2019. pp. 1-174. Disponible en: <http://www.gadmultipud.gob.ec/gad-parroquialmultipud/plan-de-desarrollo/10-plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-multipud-2014-2019/file.html>.

PERÍCOLA, N., et al. Técnicas para el estudio de adaptaciones anatómicas en vegetales: una propuesta para el laboratorio. *Revista de educación en biología*. 2006. vol. 9, no. 1, pp. 28-35. ISSN 0329-5192.

PILCO QUISATASI, Juan José. Propuesta estratégica de marketing para la difusión, comercialización y fortalecimiento de los principales atractivos turísticos del Cantón Alausí para

el Período 2013-2014 [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Administración de Empresas, Escuela de Ingeniería en Marketing. Riobamba-Ecuador. 2013. [Consulta: 18 enero 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6237>

RAE. Filogenia | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE [en línea]. 2021. [Consulta: 25 marzo 2021]. Disponible en: <https://dle.rae.es/filogenia>.

RAMIREZ, G. Sangre de drago (*Croton lechleri* Muell. Arg). *Revista Natura Medicatrix*, 2003. vol. 21, no. 4, pp. 214-217.

REYSÁNCHEZ JAVIER, Manuel Rodrigo. Evaluación de la acidez (ph) y contenido de extraíbles de albura y duramen en tres niveles de altura del fuste de la especie *Jacaranda copaia* (aubl.) D. Don, en Tingo María [en línea]. Universidad Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables. Tingo María-Perú. 2010. [Consulta: 18 enero 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/538>

RIESCO, G., IMAÑA, J., & ELÍAS DE PAULA, J. Wood density of 59 tree species in the order sapindales from natural forests in Brazil. *Wood and Forests*. 2019. vol. 25, no. 2, pp. 1-12. ISSN 14050471.

RISCO, E., IGLESIAS, J., & CAÑIGUERAL, S. Interés terapéutico del látex de *Croton lechleri*. *Universitat de Barcelona* [en línea], 2001. pp. 20-21. Disponible en: <https://www.fitoterapia.net/archivos/200812/roda-sangre-de-drago.pdf?1>.

RIVERA SAMANIEGO, Jhony Carlin. Variación del contenido de humedad y cambio dimensional en diferentes alturas de fuste de Bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart.) en la zona Tingo María. [en línea]. Universidad Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables. Tingo María-Perú. 2014.

RODRÍGUEZ, O. Propiedades Físicas de la Madera [en línea]. Universidad Nacional de La Plata. 2008. pp. 1-28. Disponible en: http://132.248.9.195/ptd2013/enero/0688067/0688067_A6.pdf.

ROJAS, F., & TORRES, G. "Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción". *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* [en línea], 2015, (Costa Rica). vol. 12, no. 28, pp. 52-54. ISSN: 2215-2504. Disponible en: <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/2101/1938>.

ROSALES, E. "Ecuaciones de niveles de humedad relacionada a la densidad básica de la madera de especies forestales tropicales en Madre de Dios, Perú". *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* [en línea], 2019, (Costa Rica). vol. 17, no. 40, pp. 33-42. ISSN 2215-2504.

RÜDIGER, A. "Determinación del ph en diversas especies de los renovales de la Provincia de Valdivia". *Bosque* [en línea], 1975. vol. 1, pp. 3-5. ISSN 03048799. Disponible en: <http://revistas.uach.cl/pdf/bosque/v1n1/art02.pdf>.

RUÍZ SEPÚLVEDA, Jorge. Estudio de las características dendrológicas - anatómicas y propiedades físicas de dos especies forestales Bolaina negra (*Guazuma ulmifolia* Lam) y Auca atadijo (*Croton matourensis* Aubl) en la Región San Martín [en línea]. Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Tarapoto-Perú. 2019. [Consulta: 18 enero 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3492>

SALVADOR, M. *Protocolo de campo para la selección y colección de muestras para la caracterización anatómica y de propiedades físicas, mecánicas, químicas y tecnológicas de la madera* [en línea]. Pucallpa-Perú: Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral, 2010. Disponible en: [https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2929/Technical/Technical report - Protocolo para la seleccion de muestras \(2010\).pdf](https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2929/Technical/Technical%20report%20-%20Protocolo%20para%20la%20seleccion%20de%20muestras%20(2010).pdf).

SÁNCHEZ, M. "Ecuador: Revisión a las principales características del recurso forestal y de la deforestación". *Revista Científica y Tecnológica UPSE* [en línea], 2015, (Ecuador) vol. 3 (no. 1), pp. 41-54. ISSN 1390-7697. Disponible en: <https://doi.org/10.26423/rctu.v3i1.70>.

SPAVENTO, E., KEIL, G., & MONTEOLIVA, S. *Propiedades físicas de la madera* [en línea]. Argentina: Universidad Nacional de la Plata, 2008. Disponible en: https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/1689/mod_resource/content/0/Propiedades_Fisicas_2008.pdf.

SUASNABAR, C., & MONGE, W. "Características anatómicas y propiedades físico - mecánicas de tres especies forestales, Iscozacín, Oxapampa – Pasco". *Universidad Nacional del Centro del Perú* [en línea], (2019), Huancayo-Perú. pp. 127. Disponible en: http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5192/T010_Nº72551964_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

SUIREZS, T. Estructura de la madera a la observación macroscópica. 2012. Disponible en: <https://studylib.es/doc/5446134/estructura-de-la-madera-a-la-observaci%C3%B3n-macrosc%C3%B3pica>

TORO, E., & ROLDÁN, I. "Estado del arte, propagación y conservación de *Juglans neotropica* Diels., en zonas andinas". *Madera y Bosques* [en línea], vol. 24, no. 1 (2018), pp. 1-42. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712018000100401.

TOUZA, M. *Guía de la Madera* [en línea]. Madrid-España: CONFEMADERA HÁBITAT, 2015. ISBN 978-84-695-7044-9.

VALDERRAMA, H. "Anatomía comparativa del xilema del tronco y de la rama de *Cedrelinga catenaeformis* Ducke (Fabaceae)". *Folia Amazonica* [en línea], 1998, (Perú) vol. 9 (no. 1-2), pp. 5-28. Disponible en: <http://revistas.iiap.org.pe/index.php/foviaamazonica/article/view/91>

VÁSQUEZ, A., & RAMÍREZ, A. *Curso Anatomía e Identificación de maderas*. Colombia, Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2011. pp. 70. Disponible en: <https://www.coursehero.com/file/41531807/CURSO-ANATOMIA-EIDENTIFICACION-DE-MADERpdf/>

VIGNOTE, S., & MARTÍNEZ, I. *Tecnología de la Madera* [en línea]. 3^{era} edición. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 2006. Disponible en: <https://tecno1di.files.wordpress.com/2016/03/madera.pdf>.

VISCARRA, S. *Guía para el secado de la madera en hornos* [en línea]. Santa Cruz-Bolivia: Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR, 1998. Disponible en: https://rmportal.net/library/content/Professional_or_Trade_Education_and_Training_Workforce_Development/guia-practica-para-el-secado-de-madera-en-hornos.pdf/at_download/file

YAHIA, E. & GUTTIERREZ, F. *Lucuma (Pouteria lucuma (Ruiz and Pav.) Kuntze)*. Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits: Cocona to Mango [online]. México: University of Queretaro, 2011. pp. 443-449. Available in: https://www.researchgate.net/profile/Elhadi_Yahia/publication/277816644_Lucuma_Pouteria_lucuma_Ruiz_Pav_Kuntze/links/5a57afb145851529a2edbd5f/Lucuma-Pouterialucuma-Ruiz-Pav-Kuntze.pdf.

ANEXOS

Anexo A: Prueba de normalidad Shapiro Wilks de acuerdo al promedio del perímetro de poros solitarios de las cinco especies forestales estudiadas

Variable	n	Media	D.E.	W*	p (Unilateral D)
RDU PERIMETRO	15	0,00	2,83	0,90	0,2182

Anexo B: Análisis de varianza (SC tipo III) del promedio del perímetro de poros solitarios de las cinco especies forestales estudiadas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7145,79	4	1786,45	158,95	<0,0001
ESPECIE	7145,79	4	1786,45	158,95	<0,0001
Error	112,39	10	11,24		
Total	7258,18	14			

Anexo C: Prueba de normalidad Shapiro Wilks de acuerdo al número de poros solitarios de las cinco especies forestales en estudio

Variable	n	Media	D.E.	W*	p (Unilateral D)
RDU POROS SOLITARIOS	15	0,00	79,67	0,87	0,0615

Anexo D: Análisis de varianza (SC tipo III) poros solitarios de acuerdo al número de poros de las cinco especies en estudio

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1572732,40	4	393183,10	44,25	<0,0001
ESPECIE	1572732,40	4	393183,10	44,25	<0,0001
Error	88862,00	10	8886,20		
Total	1661594,40	14			

Anexo E: Prueba de normalidad Shapiro Wilks de acuerdo al número de poros múltiples de 2 de las cinco especies forestales en estudio

Variable	n	Media	D.E.	W*	p (Unilateral D)
RDU POROS MÚLTIPLES DE 2	15	0,00	18,50	0,96	0,8170

Anexo F: Análisis de varianza (SC tipo III) poros múltiples de 2 de acuerdo al número de poros de las cinco especies en estudio

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	69502,27	4	17375,57	36,27	<0,0001
ESPECIE	69502,27	4	17375,57	36,27	<0,0001
Error	4790,67	10	479,07		
Total	74292,93	14			

Anexo G: Prueba de normalidad Shapiro Wilks de acuerdo al número de poros múltiples de 3 de las cinco especies forestales en estudio

Variable	n	Media	D.E.	W*	p (Unilateral D)
RDU POROS MÚLTIPLES DE 2	15	0,00	13,93	0,95	0,7421

Anexo H: Análisis de varianza (SC tipo III) poros múltiples de 3 de acuerdo al número de poros de las cinco especies en estudio

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	31031,07	4	7757,77	28,56	<0,0001
ESPECIE	31031,07	4	7757,77	28,56	<0,0001
Error	2716,67	10	271,67		
Total	33747,73	14			

Anexo I: Prueba de normalidad Shapiro Wilks de acuerdo al número de poros múltiples de 4 de las cinco especies forestales en estudio

Variable	n	Media	D.E.	W*	p (Unilateral D)
RDU POROS MÚLTIPLES DE 2	15	0,00	4,83	0,92	0,3760

Anexo J: Análisis de varianza (SC tipo III) poros múltiples de 4 de acuerdo al número de poros de las cinco especies en estudio

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10227,73	4	2556,93	78,43	<0,0001
ESPECIE	10227,73	4	2556,93	78,43	<0,0001
Error	326,00	10	32,60		
Total	10553,73	14			

Anexo K: Identificación de las especies en estudio y colección de sus muestras dendrológicas



Anexo L: Prensado de las muestras fértiles



Anexo M: Coordenadas proyectadas UTM Zona 17S, Datum WGS84, de la ubicación de las especies

ARBOL		X	Y
<i>Juglans neotropica</i> Diels	1	721508	9761204
	2	721470	9761222
	3	722315	9760784
<i>Nectandra obtusata</i> Rohwer	1	721582	9761326
	2	721570	9761338
	3	721602	9761315
<i>Pouteria lucuma</i> (R. & P.) O. Kuntze	1	721304	9761488
	2	721441	9761139
	3	721507	9761164
<i>Mauria suaveolens</i> Poepp	1	721646	9761401
	2	721611	9761408
	3	721635	9761399
<i>Croton lechleri</i> Muell. Arg	1	721543	9761578
	2	721571	9761562
	3	721605	9761530

Anexo N: Formato de campo utilizado para la colección de muestras dendrológicas

DATOS DE CAMPO DEL ARBOL

1.1. IDENTIFICACION

Fecha de selección 2020-11-15 N° de árbol

Nombre común Lucma

Identificado por J. Alvarado

Nombre científico

Identificado por

Fecha de la toma de las muestras botánicas 2020-11-15

Hojas Ramitas Corteza Flores Frutos

Otros detalles corteza lisa, latex blanca, escasas ramitas, flores

1.2. UBICACIÓN

Distrito Moltitud Zona Surupata

Referencia del mapa 721304 (X) Carretera

Registrada en croquis 9761488 (Y) Pueblo más cercano

Otros detalles Colectada cerca a un riachuelo

1.3 DESCRIPCIÓN

Clase: Dominante Intermedia

D.A.P. 13 cms. Altura total 15 m. Altura comercial 12 m.

Copa y follaje: Grande Mediana Pequeña

Tipo de bosque: Bosque siempre verde montaña bajo de Cordillera O.

Forma del tronco: Aletones Recto Torcido

Cilíndrico Excéntrico

Tipo de corteza: Externa: Color marón grisáceo Superficie lisa con leucelas
Espesor X cms. Espinosa X

Interna: Color blanquecina Olor agradable Sabor agradable

Exudaciones: Laca Resina

Goma Colorante

Otros detalles hojas compuestas bipinnadas verde y marrón, fruto baya color café

Firma de la persona responsable

Anexo O: Especie *Mauria suaveolens* Poepp & Endl



Anexo P: Especie *Croton lechleri* Muell. Arg



Anexo Q: Especie *Juglans neotropica* Diels



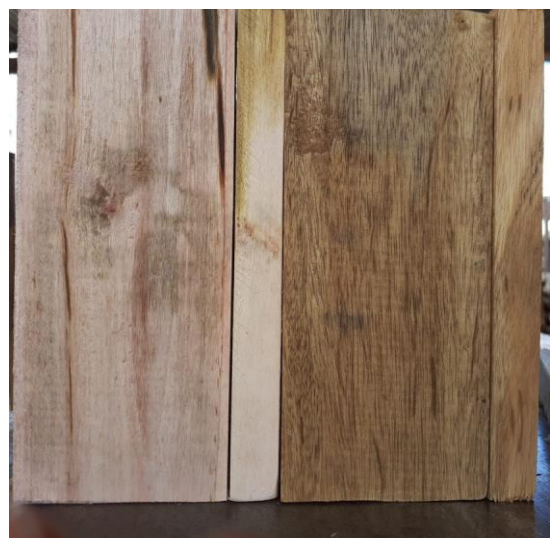
Anexo R: Especie *Nectandra obtusata* Rohwer



Anexo S: Especie *Pouteria lucuma* (R. & P.) O. Kuntze



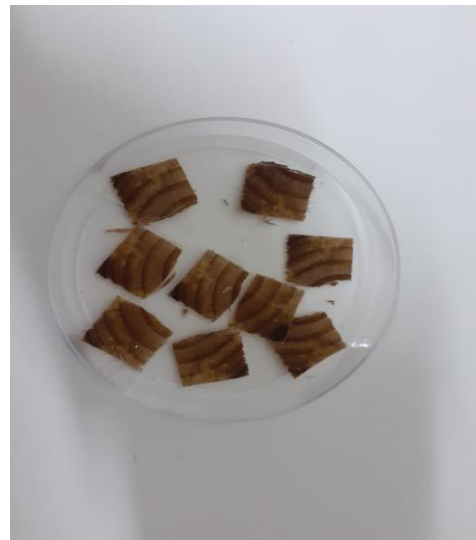
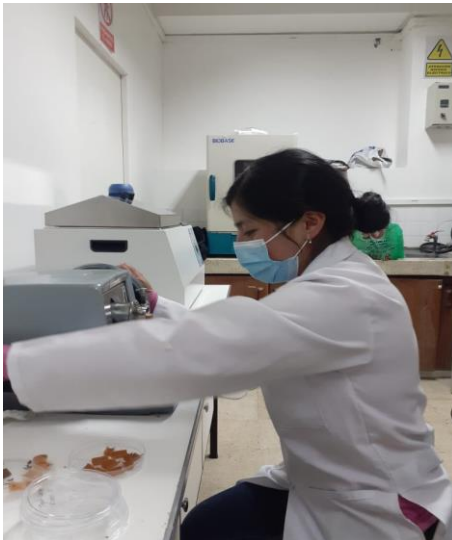
Anexo T: Probetas para características físicas y químicas de las especies en estudio



Anexo U: Ablandamiento de las muestras en el autoclave



Anexo V: Corte de las láminas histológicas en el micrótom



Anexo W: Tinción de las láminas histológicas



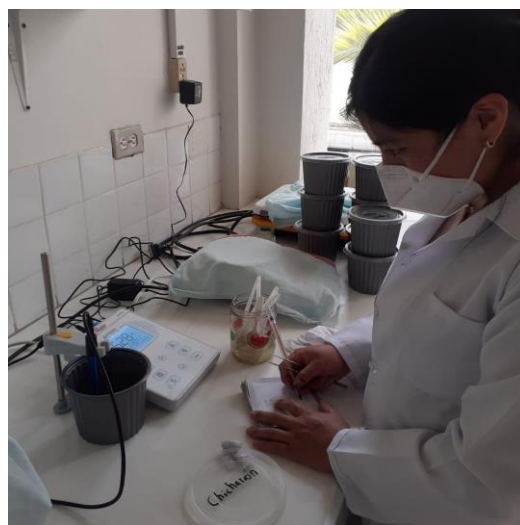
Anexo X: Observación de las muestras en el microscopio



Anexo Y: Pesaje y medición de las probetas para determinar la densidad



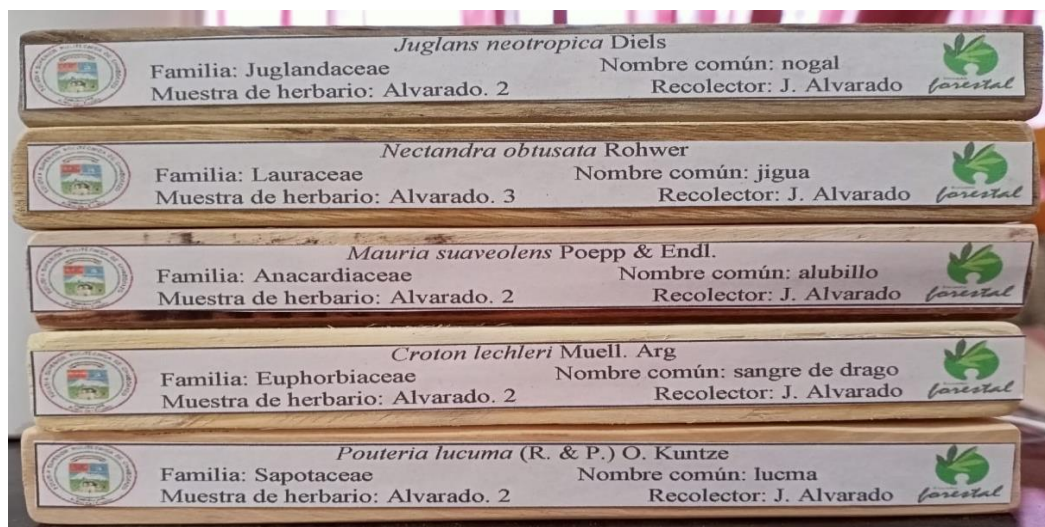
Anexo Z: Lectura de pH



Anexo AA: Determinación del color de la madera con la Tabla de Munsell



Anexo BB: Muestras maderables para la colección de la Xiloteca (de izquierda a derecha, *Pouteria lucuma*, *Croton lechleri*, *Mauria suaveolens*, *Nectandra obtusata*, *Juglans neotropica*)



Anexo CC: Permiso de investigación otorgado por el Ministerio de Ambiente y Agua

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y AGUA

AUTORIZACIÓN DE RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA No. 934

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

1.- AUTORIZACIÓN DE RECOLECTA DE ESPECÍMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

2.- CÓDIGO

MAAE-ARSFC-2020-0934

3.- DURACIÓN DEL PROYECTO

FECHA INICIO	FECHA FIN
2021-01-18	2021-07-18

4.- COMPONENTE A RECOLECTAR

Plantae

El Ministerio del Ambiente y Agua, en uso de las atribuciones que le confiere la Codificación a la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre autoriza a:

5.- INVESTIGADORES /TÉCNICOS QUE INTERVENDRÁN EN LAS ACTIVIDADES DE RECOLECCION

Nº de C./Pasaporte	Nombres y Apellidos	Nacionalidad	Nº REGISTRO SENESCYT	EXPERIENCIA	GRUPO BIOLÓGICO
0602669772	SALAZAR CASTAÑEDA EDUARDO PATRICIO	Ecuatoriana	1002-11-1067584	Manejo forestal	Magnoliopsida
1710552835	CARPIO COBA CARLOS FRANCISCO	Ecuatoriana	1004-09-925886	Sanidad vegetal	Magnoliopsida
0604694091	ALVARADO UGSIÑA JENNYFER MARISOL	Ecuatoriana	No aplica	Estudiante	Magnoliopsida

6.- PARA QUE LLEVEN A CABO LA RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA:

Nombre del Proyecto: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA MADERA DE CINCO ESPECIES FORESTALES PROCEDENTES DE LA PARROQUIA

1 / 5

MULTITUD CANTÓN ALAUSÍ PROVINCIA DE CHIMBORAZO

7.- SE AUTORIZA LA RECOLECCION CON EL PROPOSITO DE:

Determinar las propiedades físicas y químicas de la madera de cinco especies forestales procedentes de la parroquia Multitud, Cantón Alausí, Provincia de Chimborazo
Identificar dendrológicamente las cinco especies forestales en estudio.
Determinar las características anatómicas, organolépticas y la densidad de las cinco especies forestales
Determinar el pH de las muestras maderables de las cinco especies.

8.- ÁREA GEOGRÁFICA QUE CUBRE LA RECOLECCIÓN DE LAS ESPECIES O ESPECÍMENES:

PROVINCIAS	SNAP	BOSQUE PROTECTOR
CHIMBORAZO	NA	NA

9.- INFORMACIÓN DE LAS ESPECIES A RECOLECTAR

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	TIPO MUESTRA	N° MUESTRA	N° LOTE
Magnoliopsida	Fagales	NA	NA	NA	Espécimen vegetal	1	
Magnoliopsida	Ericales	NA	NA	NA	Espécimen vegetal	1	
Magnoliopsida	Sapindales	NA	NA	NA	Espécimen vegetal	1	
Magnoliopsida	Lamiales	NA	NA	NA	Espécimen vegetal	1	
Magnoliopsida	Malpighiales	NA	NA	NA	Espécimen vegetal	1	

10.- METODOLOGÍA APLICADA EN CAMPO

FASE DE RECOLECCIÓN:	Inicialmente, se obtendrá el permiso de investigación correspondiente emitido por el Ministerio de Ambiente y Agua, como ente de control. Se partirá de la georreferenciación de la finca utilizando un GPS, y la posterior identificación de las especies que serán recolectadas, con sus cuatros repeticiones respectivamente. Se procederá a la recolección de las muestras dendrológicas con todas sus estructuras vegetativas en lo posible como: hojas, flores, frutos y corteza de cada especie, con sus etiquetas correspondientes.
FASE DE PRESERVACIÓN:	Seguidamente, se realizará el proceso de prensado y secado de las muestras colectadas de cada especie. Consecuentemente, se procederá a la identificación de las muestras herborizadas en el Herbario

11. METODOLOGIA APLICADA EN LABORATORIO

MÉTODOS EMPLEADOS EN EL LABORATORIO:	Para el cumplimiento de este ítem se procederá según la (NORMA COPANT, 1972), a obtener probetas de madera de 2"2"2 cm con sus cuatro repeticiones respectivas, se colocarán las probetas dentro de los frascos de vidrio con agua destilada, se los etiquetará y cubrirá con papel aluminio y se los ubicará en el autoclave con una presión y temperatura determinadas para cada ciclo, el número de ciclos dependerá de la especie, este procedimiento se realizará para conseguir el ablandamiento de las probetas de madera. Posteriormente se realizarán cortes de la sección tangencial, radial y longitudinal en el micrótopo, con el objetivo de obtener placas de 0,3 µm de cada muestra, según (Lluncor, 2011), el estudio de la estructura anatómica microscópica se basa en las normas de la Asociación Internacional de Anatomistas de la madera (IAWA), cada lámina obtenidase colocará en las cajas Petri con agua destilada y serán etiquetadas.
---------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

12.- SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE LOS SIGUIENTES MATERIALES Y/O EQUIPOS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTA RECOLECCION.

Grupo Biológico a Recolectar	Descripción	Tipo de Equipamiento
Magnoliopsida	RAÍZ, TIJERAS DE PODAR, MACHETE	Equipo en Campo
Magnoliopsida	PARA COLECTAS: PODADORA AÉREA Y DE MANO, TREPADORES DE ÁRBOLES, BINOCULARES, GPS, CINTA DIAMÉTRICA O MÉTRICA, CÁMARA DIGITAL, COMPUTADORA PORTÁTIL.	Material en Campo

13.- COLECCIONES NACIONALES DEPOSITARIAS DEL MATERIAL BIOLÓGICO

Magnoliopsida	Herbario Escuela superior Técnica del Chimborazo
---------------	--------------------------------------------------

14.- RESULTADOS ESPERADOS

presente investigación pretende determinar las propiedades físicas y químicas de la madera de cinco especies forestales contribuyendo a los estudios tecnológicos de estas especies para determinar sus diferentes usos, así como la calidad que puede llegar a tener la especie, para así generar un cambio en la actividad productiva forestal permitiendo aprovechar la potencialidad forestal del Ecuador adecuada y brindar un conocimiento tecnológico de una especie forestal de interés comercial en el país.

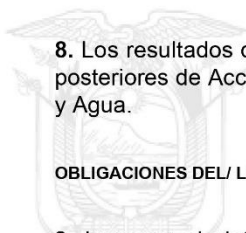
15.- CONTRIBUCIÓN DEL ESTUDIO PARA LA TOMA DE DECISIONES A LA ESTRATEGIA NACIONAL DE BIODIVERSIDAD 2011-2020.

METAS	DESCRIPCIÓN
Resultado04.19El Ecuador, bajo la coordinación del Instituto de Investigaciones de la Biodiversidad, impulsa la investigación científica aplicada y la gestión del conocimiento sobre el patrimonio natural y desarrolla procesos tecnológicos innovadores que sustentan el cambio de la matriz productiva	se puede llegar a tener la especie, para así generar un cambio en la actividad productiva forestal permitiendo aprovechar la potencialidad forestal del Ecuador adecuada y brindar un conocimiento tecnológico de una especie forestal de interés comercial en el país.

DE ACUERDO A LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES



1. Solicitud de: **ALVARADO UGSIÑA JENNYFER MARISOL**
2. Institución Nacional Científica : **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**
3. Fecha de entrega del informe final o preliminar: **2021/07/03**
4. Valoración técnica del proyecto: **TELLO RAMOS FANNY ELIZABETH**
5. Esta Autorización **NO HABILITA LA MOVILIZACIÓN DE FLORA, FAUNA, MICROORGANISMOS Y HONGOS.**
6. Esta Autorización **NO HABILITA EXPORTACIÓN DE FLORA, FAUNA, MICROORGANISMOS Y HONGOS**, sin la correspondiente autorización del Ministerio del Ambiente y Agua.
7. Los especímenes o muestras recolectadas no podrán ser utilizadas en actividades de **BIOPROSPECCIÓN, NI ACCESO AL RECURSO GENÉTICO.**
8. Los resultados que se desprendan de la investigación, no podrán ser utilizados para estudios posteriores de Acceso a Recurso Genéticos sin la previa autorización del Ministerio del Ambiente y Agua.



OBLIGACIONES DEL/ LOS INVESTIGADOR/ES.

9. Ingresar al sistema electrónico de recolecta de especímenes de especies la diversidad biológica del ministerio del ambiente y agua, el o los informes parciales o finales en formato PDF, en el formato establecido.

Con los siguientes anexos:

- Escaneado de el o los certificados originales del depósito o recibo de las muestras, emitidas por las Colecciones Científicas Ecuatorianas como Internacionales depositarias de material biológico.
- Escaneado de las publicaciones realizadas o elaboradas en base al material biológico recolectado.
- Escaneado de material fotográfico que considere el investigador pueda ser utilizados para difusión. (se mantendrá los derechos de autor).

10. Citar en las publicaciones científicas, Tesis o informes técnicos el número de Autorización de Recolección otorgada por el Ministerio del Ambiente y Agua, con el que se recolecto el material biológico.



11. Depositar los holotipos en una institución científica depositaria de material biológico.
12. Los holotipos solo podrán salir del país en calidad de préstamo por un periodo no más de un año.
13. Las muestras biológicas a ser depositadas deberán ingresar a las colecciones respectivas siguiendo los protocolos emitidos por el Curador/a custodio de los especímenes.
14. Las muestras deberán ser preservadas, curadas y depositadas de lo contrario, se deberán sufragar los gastos que demanden la preparación del material para su ingreso a la colección correspondiente.

Del incumplimiento de las obligaciones dispuestas en los numerales, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 se responsabiliza a **ALVARADO UGSIÑA JENNYFER MARISOL**.

DIRECTOR DE BIODIVERSIDAD
CEVALLOS ROMAN GERARDO RAMIRO
2021-03-04



Anexo DD. Certificado otorgado por el Herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



Ofc.No.012.CHEP.2021

Riobamba, 24 de marzo del 2021

DIRECTOR DE BIODIVERSIDAD
CEVALLOS ROMAN GERARDO RAMIRO
2021-03-04

De mis consideracion:

Reciba un atento y cordial saludo, por medio de la presente certifico que la señorita ALVARADO UGSIÑA JENNYFER MARISOL con CI: 0604694091, entregó 5 muestras botánicas fértiles (listado), identificadas, comparando con muestras de la colección y verificación de nombres en el catálogo de plantas Vasculares del Ecuador; Nombre del Proyecto: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA MADERA DE CINCO ESPECIES FORESTALES PROCEDENTES DE LA PARROQUIA, MULTITUD CANTÓN ALAUSÍ PROVINCIA DE CHIMBORAZO según autorización de Investigación N°. MAAE-ARSFC-2020-0934 Las muestras fértiles se procesarán y en un tiempo no determinado ingresarán a la colección del herbario.

FAMILIA	ESPECIE	ESTADO
Sapotaceae	<i>Pouteria lucuma</i>	Fértil
Anacardiaceae	<i>Mauria suaveolens</i>	Fértil
Juglandaceae	<i>Juglans neotropica</i>	Fértil
Euphorbiaceae	<i>Croton lechleri</i>	Fértil
Lauraceae	<i>Nectandra obtusata</i>	Fértil

Me despido, atentamente

JORGE
MARCELO
CARANQUI
ALDAZ

Firmado digitalmente
por JORGE MARCELO
CARANQUI ALDAZ
Fecha: 2021.04.28
10:13:39 -05'00'

Ing. Jorge Caranqui A.
RESPONSABLE HERBARIO CHEP

FACULTAD DE
RECURSOS
NATURALES



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 09 / 11 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Jennyfer Marisol Alvarado Ugsiña</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Recursos Naturales</i>
Carrera: <i>Ingeniería Forestal</i>
Título a optar: <i>Ingeniera Forestal</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.</i>

**LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS** Firmado digitalmente por LUIS
ALBERTO CAMINOS VARGAS
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, l=RIOBAMBA,
serialNumber=0602766974,
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS VARGAS
Fecha: 2021.11.09
10:59:38 -05'00'



1921-DBRA-UTP-2021