



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

CARACTERIZACIÓN 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:

INGENIERO FORESTAL

AUTOR: EDISON ALEX GUANOTUÑA GUANOTUÑA

DIRECTOR: Ing. EDUARDO PATRICIO SALAZAR CASTAÑEDA

Riobamba – Ecuador

2021

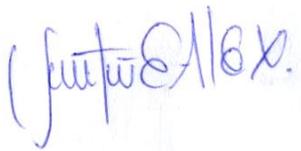
© 2021, Edison Alex Guanotuña Guanotuña

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, Edison Alex Guanotuña Guanotuña, 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 autor 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, 16 de septiembre de 2021



Edison Alex Guanotuña Guanotuña
1724565765

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, **CARACTERIZACIÓN 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 el señor: **EDISON ALEX GUANOTUÑA GUANOTUÑA**, 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.

FIRMA

FECHA

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

EDUARDO
PATRICIO
SALAZAR
CASTAÑEDA



Firmado digitalmente
por EDUARDO
PATRICIO SALAZAR
CASTAÑEDA
Fecha: 2021.09.03
08:37:00 -0500

2021-septiembre-02

Ing. Carlos Francisco Carpio Coba
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
CARLOS
FRANCISCO
CARPIO COBA

2021-septiembre-02

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi padre, por inculcarme la cualidad del optimismo, la honestidad y la perseverancia, a mi madre por inculcarme el valor de la bondad y el respeto a los demás, y a mi hermana. Son ellos quienes me inspiran a seguir adelante y no rendirme.

Edison

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi padre y madre por su amor y apoyo incondicional durante mi vida universitaria. Agradezco con mucha sinceridad a los ingenieros Eduardo Salazar y Carlos Carpio por haberme guiado en la realización de este trabajo. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, mi Alma Mater. A la escuela de ingeniería Forestal y a sus docentes. Agradezco a los señores Norma Salazar y Gonzalo Miranda.

Edison

TABLA DE CONTENIDO

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

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.1.1. <i>Bosque</i>	4
1.1.2. <i>Especies forestales</i>	4
1.2. Identificación dendrológica.....	4
1.2.1. <i>Dendrología</i>	5
1.2.2. <i>Taxonomía</i>	6
1.2.3. <i>Árbol</i>	6
1.2.4. <i>Herbario</i>	7
1.3. Anatomía de la madera.....	7
1.3.1. <i>La madera</i>	8
1.3.2. <i>Importancia del estudio anatómico de la madera</i>	9
1.3.3. <i>Características anatómicas de la madera</i>	10
1.3.3.1. <i>Poros</i>	10
1.3.3.2. <i>Inclusiones en los poros o vasos</i>	11
1.3.3.3. <i>Parénquima</i>	12
1.3.3.4. <i>Radios</i>	14
1.3.3.5. <i>Anillos de crecimiento</i>	14
1.3.4. <i>Planos anatómicos de corte</i>	15
1.3.4.1. <i>Corte transversal</i>	15
1.3.4.2. <i>Corte radial</i>	15
1.3.4.3. <i>Corte tangencial</i>	15
1.3.5. <i>Tinción histológica</i>	16
1.3.5.1. <i>Safranina</i>	16

1.3.5.2.	<i>Astra Blue</i>	16
1.4.	Características organolépticas	17
1.4.1.	<i>Olor</i>	17
1.4.2.	<i>Color</i>	17
1.4.3.	<i>Sabor</i>	17
1.4.4.	<i>Grano</i>	17
1.4.5.	<i>Textura</i>	18
1.4.6.	<i>Veteado</i>	18
1.4.7.	<i>Lustre</i>	18
1.5.	Densidad	19
1.6.	Potencial de Hidrógeno (pH)	20
1.6.1.	<i>Importancia de pH de la madera</i>	20

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	21
2.1.	Caracterización de la zona de estudio	21
2.1.1.	<i>Fase de campo</i>	21
2.1.1.1.	<i>Localización</i>	21
2.1.1.2.	<i>Clasificación ecológica</i>	22
2.1.1.3.	<i>Relieve y suelos</i>	22
2.1.2.	<i>Fase de laboratorio</i>	22
2.2.	Materiales y equipos	22
2.2.1.	<i>Materiales de campo</i>	22
2.2.2.	<i>Materiales y equipos de oficina</i>	23
2.2.3.	<i>Materiales y equipos de laboratorio</i>	23
2.3.	Metodología	23
2.3.1.	<i>Fase de campo</i>	23
2.3.1.1.	<i>Georreferenciación de la zona de estudio y selección de especies</i>	23
2.3.1.2.	<i>Identificación preliminar de las especies seleccionadas</i>	24
2.3.1.3.	<i>Recolección de las muestras botánicas y maderas</i>	25
2.3.1.4.	<i>Herborización de las muestras dendrológicas</i>	25
2.3.2.	<i>Fase de laboratorio</i>	26
2.3.2.1.	<i>Identificación dendrológica de las especies en estudio</i>	26
2.3.2.2.	<i>Determinación de las características anatómicas</i>	26

2.3.2.3.	<i>Determinación de las características organolépticas</i>	28
2.3.2.4.	<i>Determinación de la densidad de las especies en estudio</i>	29
2.3.2.5.	<i>Determinación del pH de las muestras maderables de las cinco especies</i>	30

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
3.1.	Identificación y descripción dendrológica de las especies en estudio	31
3.1.1.	<i>Clusia multiflora</i>	31
3.1.2.	<i>Erythrina edulis</i>	32
3.1.3.	<i>Myrcia fallax</i>	33
3.1.4.	<i>Nectandra membranacea</i>	33
3.1.5.	<i>Ruagea pubescens</i>	34
3.2.	Caracterización anatómica, organolépticas y densidad de las maderas	35
3.2.1.	<i>Caracterización anatómica de las maderas</i>	35
3.2.1.1.	<i>Clusia multiflora</i>	35
3.2.1.2.	<i>Erythrina edulis</i>	37
3.2.1.3.	<i>Myrcia fallax</i>	39
3.2.1.4.	<i>Nectandra membranacea</i>	41
3.2.1.5.	<i>Ruagea pubescens</i>	43
3.2.1.6.	<i>Análisis estadístico</i>	46
3.2.2.	<i>Caracterización organoléptica de las maderas</i>	50
3.2.2.1.	<i>Clusia multiflora</i>	50
3.2.2.2.	<i>Erythrina edulis</i>	51
3.2.2.3.	<i>Myrcia fallax</i>	52
3.2.2.4.	<i>Nectandra membranacea</i>	53
3.2.2.5.	<i>Ruagea pubescens</i>	54
3.2.3.	<i>Caracterización de las densidades de las maderas de las especies en estudio</i>	56
3.3.	Determinación del pH de las muestras maderables de las especies en estudio	58
	CONCLUSIONES	60
	RECOMENDACIONES	61
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Clasificación de la madera según la densidad.	19
Tabla 1-2:	Nombres comunes, hábitos y localización en campo de las especies en estudio	25
Tabla 2-2:	Clasificación de las características organolépticas	29
Tabla 1-3:	Especies identificadas en el Herbario.....	31
Tabla 2-3:	Cantidad de agua destilada y numero de ciclos por especie en el proceso de ablandamiento	35
Tabla 3-3:	Resumen cualitativo de las características anatómicas de las maderas de las especies estudiadas	45
Tabla 4-3:	Porcentaje de tipos de poros por especie.....	46
Tabla 5-3:	Prueba de Tukey cantidad de Poros solitarios de las cinco especies.....	46
Tabla 6-3:	Prueba de Tukey para cantidad de poros múltiples de 2, de las cinco especies	47
Tabla 7-3:	Prueba de Tukey para cantidad de poros múltiples de 3, de las cinco especies	47
Tabla 8-3:	Prueba de Kruskal Wallis para cantidad de poros múltiples de 4 de las cinco especies.....	48
Tabla 9-3:	Prueba de Tukey para cantidad de poros por cm ² de las cinco especies.....	48
Tabla 10-3:	Perímetros (um) de poros de las cinco especies	49
Tabla 11-3:	Resumen de las características organolépticas de las especies estudiadas	55
Tabla 12-3:	Densidad en estado seco de las maderas de las cinco especies estudiadas.....	56
Tabla 13-3:	Densidad en estado verde de las maderas de las cinco especies estudiadas.....	57
Tabla 14-3:	pH de las maderas comparada con pH de referencia de agua destilada (7).....	58
Tabla 15-3:	Resumen cuantitativo de las características físicas y químicas de las maderas de las cinco especies.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Radios en la sección transversal, tangencial y radial, de izquierda a derecha...	14
Figura 2-1.	Planos anatómicos de corte	16
Figura 1-2.	Ubicación de la zona de estudio	21
Figura 2-2.	Mapa de ubicación de especies en el campo	24
Figura 3-2.	Escala de potencial de Hidrógeno (pH).....	30
Figura 1-3.	Sección transversal <i>Clusia multiflora</i> . a. 4x, S/A; b. 10x, S/A; c. 10x, A	36
Figura 2-3.	Sección tangencial <i>Clusia multiflora</i> a. 4x, A; b. 10x, S/A; c. 10x, A	36
Figura 3-3.	Sección radial <i>Clusia multiflora</i> a. 10x, A; b. 10x, S; c. 10x, S	37
Figura 4-3.	Sección transversal <i>Erythrina edulis</i> a. 4x, S/A; b. 10x, A; c. 4x, S/A.....	38
Figura 5-3.	Sección tangencial <i>Erythrina edulis</i> a. 4x, S/A; b. 10x, A; c. 10x, A.....	38
Figura 6-3.	Sección radial <i>Erythrina edulis</i> a, b, c: A.....	39
Figura 7-3.	Sección transversal de <i>Myrcia fallax</i> a. 4x, A; b. 10x, A; c. 10x, S/A.....	39
Figura 8-3.	Sección tangencial de <i>Myrcia fallax</i> a. 4x, A; b. 10x, S/A; c. 10x, S/A	40
Figura 9-3.	Sección radial de <i>Myrcia fallax</i> a. 10x, S/A; b. 10x, A; c. 10x, A.....	40
Figura 10-3.	Sección transversal <i>Nectandra membranacea</i> a. 4x, A; b. 10x, A; c. 10x, S/A	41
Figura 11-3.	Sección tangencial <i>Nectandra membranacea</i> a. 4x, A; b. 10x, A; c. 10x, A....	42
Figura 12-3.	Sección radial <i>Nectandra membranacea</i> a. 10x, A; b. 10x, S/A; c. 10x, S	42
Figura 13-3.	Sección transversal <i>Ruagea pubescens</i> a. 4x, A; b. 10x, A; c. 10x, A.....	43
Figura 14-3.	Sección tangencial de <i>Ruagea pubescens</i> . a. 4x, S/A; b. 10x, A; c. 10x, S/A .	43
Figura 15-3.	Sección radial de <i>Ruagea pubescens</i> . a. 10x, A; b. 10x, A; c. 10x, A	44
Figura 16-3.	a. corteza; b. S. Transversal; c. S. Tangencial; d. S. radial de <i>Clusia multiflora</i>	50
Figura 17-3.	a. corteza; b. S. Transversal; c. S. tangencial; d. S. radial de <i>Erythrina edulis</i>	51
Figura 18-3.	a. Corteza; b. S. Transversal; c. S. tangencial; d. S. radial de <i>Myrcia fallax</i>	52
Figura 19-3.	a. Corteza; b. S. Transversal; c. S. tangencial; d. S. radial de <i>Nectandra membranacea</i>	53
Figura 20-3.	a. Corteza; b. S. Transversal; c. S. tangencial; d. S. radial de <i>Ruagea pubescens</i>	54

INDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** Formulario de Registro de datos de campo
- ANEXO B:** Tramite de permiso de investigación en el sistema SUIA
- ANEXO C:** Zona de recolección de muestras
- ANEXO D:** Colecta de muestras dendrológicas
- ANEXO E:** Colecta de muestras maderables
- ANEXO F:** Secado y prensado de las muestras dendrológicas
- ANEXO G:** Permiso de investigación otorgado por el MAE
- ANEXO H:** Identificación de las muestras dendrológicas en el herbario
- ANEXO I:** Certificado de la identificación de las muestras en el herbario
- ANEXO J:** Dimensionado de las probetas de madera
- ANEXO K:** Ablandamiento de los cubos de madera
- ANEXO L:** Corte y tinción de las laminas hitológicas
- ANEXO M:** Tinciones utilizadas
- ANEXO N:** Fotografiado y descripción de las características anatómicas de las maderas
- ANEXO O:** Descripción de las características organolépticas de las maderas
- ANEXO P:** Tabla de Munsell
- ANEXO Q:** Muestras de madera para la Xiloteca
- ANEXO R:** Proceso de cálculo de densidad de las maderas
- ANEXO S:** Proceso de medición de pH de las maderas
- ANEXO T:** Conteo y medición de los poros
- ANEXO U:** Registro de datos en excel para determinar las estadísticas anatómicas
- ANEXO V:** Prueba de normalidad de Shapiro Wilks para tipo de poros
- ANEXO W:** ANOVA para poros solitarios
- ANEXO X:** ANOVA para poros múltiples de 2
- ANEXO Y:** ANOVA para poros múltiples de 3
- ANEXO Z:** Prueba de normalidad de Shapiro Wilks para perímetro poros por cm² con datos sin distribución normal
- ANEXO AA:** Prueba de normalidad de Shapiro Wilks para perímetro poros por cm² con datos Transformados con raíz cuadrada
- ANEXO BB:** Prueba de normalidad de Shapiro Wilks para perímetro de los poros
- ANEXO CC:** ANOVA para el perímetro de los poros
- ANEXO DD:** ANOVA para poros por cm²

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue el de caracterizar las propiedades físicas y químicas de la madera de cinco especies forestales procedentes de la parroquia Multitud, cantón Alausí, provincia de Chimborazo, para lo cual se colectó muestras dendrológicas fértiles y maderas. La tipificación taxonómica de las especies se realizó en el herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Las propiedades físicas caracterizadas fueron: anatómicas, organolépticas y densidad. La propiedad química caracterizada fue, el pH de las maderas. Para la caracterización anatómica se utilizó tejidos finos de madera de 2x2 cm, tintes Astrablue (A), Safranina (S), mezcla (S/A) y la lista IAWA. La caracterización organoléptica se realizó según los lineamientos de las normas COPANT y a través de órganos Sensoriales. Las densidades de las maderas, tanto en estado seco y verde, se determinó, usando cubos de madera y aplicando la fórmula de la densidad. El pH de las maderas se caracterizó, utilizando una solución de aserrín-agua destilada y el uso de un pH metro. Como resultados, los nombres científicos de las cinco especies corresponden a *Clusia multiflora*, *Erythrina edulis*, *Myrcia fallax*, *Nectandra membranacea* y *Ruagea pubescens*. Las maderas de todas las especies presentan características anatómicas como: parénquima, radios, fibras, fibrotraqueidas, entre otros. Los análisis estadísticos mostraron que las características anatómicas tienen diferencias significativas entre especies. En todas las maderas se observó características organolépticas como: color, olor, grano, brillo, vetado, textura y sabor. Las densidades de las maderas en estado seco y verde se sitúan dentro del rango 0,38 g/cm³ a 0,75 g/cm³ y 0,69 g/cm³ a 0,99 g/cm³ respectivamente. El pH de 4 maderas es ligeramente acida y una madera es de pH neutro. En conclusión, las especies pertenecen a diferentes familias y las características físicas químicas de sus maderas son diferentes en al menos una.

Palabras clave: < *Erythrina edulis* > < *Ruagea Pubescens* > < *Clusia multiflora* > < DENSIDAD > < MADERA > < ORGANOLÉPTICAS > < ASTRABLUE >

LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS

Firmado digitalmente por
LUIS ALBERTO CAMINOS
VARGAS
Nombre de reconocimiento
(DN): c=EC, o=RIOBAMBA,
serialNumber=0602766974,
cn=LUIS ALBERTO
CAMINOS VARGAS
Fecha: 2021.10.27 09:07:14
-05'00'



1987-DBRA-UTP-2021

SUMMARY

The aim of the research was to characterize the physical and chemical properties of the wood of five forest species from Multitud parish, Alausí canton, Chimborazo province. Chimborazo, so that fertile dendrological samples and woods were collected. The typological taxonomy of the species was carried out in the herbarium of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Chimborazo. The physical properties characterized were: anatomical, organoleptic and density. The chemical property categorized was the pH of the woods. For the anatomical characterization were used 2x2 cm thin wood tissues, Astrablue (A), Safranina (S), mixture (S/A) and the IAWA list. IAWA LIST. The organoleptic characterization was carried out according to the guidelines of the COPANT standards and through sensory organs, through sensory organs. The densities of the woods, both in the dry and green state, were determined using wood cubes. The pH of the woods was characterized using a sawdust-distilled water solution and the use of a pH meter. As a result, the scientific names of the five species correspond to *Clusia multiflora*, *Erythrina edulis*, *Myrcia falla*, *Nectandra membranacea* and *Ruagea pubescens*. The woods of all the species show anatomical species present anatomical characteristics such as: parenchyma, rays, fibers, fibrotracheids, among others. Statistical analyses showed that the anatomical characteristics have significant differences between species. In all the woods organoleptic characteristics were observed such as: color, odor, grain, brightness, grain, texture and flavor. The densities of the woods in the dry and green states woods were in the range 0.38 g/cm³ to 0.75 g/cm³ and 0.69 g/cm³ to 0.99 g/cm³ respectively. The pH of 4 woods is slightly acid and one wood has a neutral pH. In conclusion, the species belong to different families and the chemical physical characteristics of their woods are different in at least one.

Key words: < *Erythrina edulis* > < *Ruagea Pubescens* > < *Clusia multiflora* > <DENSITY>
<WOOD > <ORGANOLEPTIC CHARACTERISTICS > <ASTRABLUE>

INTRODUCCIÓN

El Ecuador es considerado como uno de los países con mayor biodiversidad del planeta. Esta biodiversidad no se limita al número de especies por unidad de área, también incluyen los distintos tipos de ambientes naturales o ecosistemas que aquí existen (Bravo, 2014, p.13).

El área forestal juega un papel preponderante en la economía de un país, a través de la provisión de bienes tales como: madera, productos medicinales, plantas ornamentales, artesanías, etc.; y de servicios como: la regulación del ciclo hídrico, la mitigación de gases de efecto invernadero, la belleza escénica, la investigación científica, etc. Por lo tanto, se debe profundizar sobre el conocimiento de los distintos bienes y servicios que los bosques ofrecen a la sociedad, tanto en el ámbito del consumo directo como en la producción de bienes y servicios derivados (Barrantes, Chaves y Vinueza, 2016: p. 7).

La utilización de la madera es clave para el desarrollo de la sociedad ecuatoriana. El debilitamiento del sector de la industria maderera representa un peligro de desestabilización en la economía, debido a las interrelaciones productivas existentes y a la generación de empleo directo e indirecto (Barrantes, Chaves y Vinueza, 2016: p. 7).

Importancia

La madera ha sido utilizada durante mucho tiempo como material para la construcción y en la actualidad su mayor demanda incrementa su valor comercial. las regiones tropicales y subtropicales son los sitios que albergan especies de altísimo valor comercial y ecológico, Sin embargo, el uso correcto de la madera requiere del conocimiento de sus características anatómicas y de sus propiedades físicas y mecánicas. Por lo tanto, es de vital importancia caracterizar dichas propiedades de las maderas (Agila et al., 2018: p.2)

El estudio de las características físicas y químicas de las maderas tiene gran influencia en la Tecnología y en la Industria (Gimenez et al., 2002: p.1) . En este sentido, es importante generar conocimientos de las maderas de las cinco especies en estudio, con el fin de aumentar nuevas posibilidades de aprovechamiento y usos dentro de la industria maderera o programas de conservación. Las especies del presente estudio, *Clusia multiflora*, *Erythrina edulis*, *Myrcia fallax*, *Nectandra membranacea* y *Ruagea pubescens* son especies de hábito arbóreo, de fuste recto y DAP superior a los 25 cm, considerando estas características son perfectamente aprovechables, sin embargo, previo al aprovechamiento de la madera como tal, se requiere

conocimiento de las propiedades físicas y químicas de sus maderas para evitar el aprovechamiento indiscriminado y destinar un uso adecuado.

Problema

En la región tropical miles de especies carecen de información documentada excepto por reportes sobre morfología y localización mientras que la fisiología, características estructurales, ecológicas y tecnológicas de la madera no han sido estudiadas (Navarro et al., 2005: pp.73-74)

A pesar de la vasta diversidad de especies forestales maderables que tiene el Ecuador, los estudios de caracterización físicas y químicas de las maderas han quedado rezagados a unas pocas especies, las cuales, a lo largo de los años han sido objeto de un aprovechamiento indiscriminado, llevando en algunos casos hasta el peligro de extinción. Las cinco especies forestales del presente estudio; *Clusia multiflora*, *Erythrina edulis*, *Myrcia fallax*, *Nectandra membranacea* y *Ruagea pubescens*, cuentan con estudios sobre su distribución geográfica, descripción dendrológica, ecología etc., en otras localidades del Ecuador y en otros países, No obstante, existen escasos estudios sobre las características físicas y químicas de sus maderas, peor aún en la localidad de estudio. Esta problemática, Según Perez y Quintanar (1994: p.76), origina que la mayoría de las veces se recurra al uso improvisado de las maderas, lo que repercute en un bajo rendimiento durante su vida útil ya que no reúnen las especificaciones requeridas para las aplicaciones a las que se destina.

Justificación

Un conocimiento integral de las características de cualquier material es esencial para su mejor aprovechamiento. Esto es especialmente cierto para la madera. Es necesario comprender no solo los principios del crecimiento de los árboles, sino también algunas de las características macroscópicas y microscópicas que determinan la madera (Riki, Sotannde y Oluwadare, 2019, p.358), por esta razón, el presente estudio, enfocado en la caracterización de las propiedades físicas y químicas de las maderas, de las especies *Clusia multiflora*, *Erythrina edulis*, *Myrcia fallax*, *Nectandra membranacea* y *Ruagea pubescens*, contribuirán con conocimiento al área forestal, fundamentalmente al ámbito de tecnología de la madera. Otro aspecto que destacar es que la información obtenida en este estudio, se depositarán en el herbario CHEP y en la Xiloteca de la Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, que servirán para la identificación de especies forestales a través de sus características microscópicas y anatómicas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar 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

Las propiedades físicas y químicas de la madera de las cinco especies forestales estudiadas no difieren

HIPÓTESIS ALTERNANTE

Las propiedades físicas y químicas de la madera de las cinco especies forestales estudiadas son diferentes en al menos una característica

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

1.1.1. *Bosque*

La legislación forestal Ecuatoriana (CEP, 2019: p.44) define al bosque como un ecosistema arbóreo, primario o secundario, regenerado por sucesión natural, que se caracteriza por la presencia de árboles de diferentes especies nativas, edades y portes variados, con uno o más estratos.

El bosque es uno de los recursos naturales más importantes con que cuenta el Ecuador para su desarrollo; constituye una unidad ecosistémica formada por árboles, arbustos y demás especies vegetales y animales resultado de un proceso ecológico espontáneo que interrelaciona otros recursos como el agua, la biodiversidad, el suelo, el aire, el paisaje, etc. (Barrantes, Chaves y Vinueza, 2016: p. 7).

1.1.2. *Especies forestales*

La FAO (2015) define a una especie forestal como Todo vegetal de estructura leñosa, perenne, fibrosa y básica que puebla la tierra para satisfacción del hombre y de algunas especies animales, en sus necesidades fundamentales que proporciona madera.

1.2. Identificación dendrológica

La primera actividad que debería desarrollarse para empezar todo trabajo relacionado con la gestión de los recursos forestales es la adecuada tipificación botánica de todas las especies de interés presentes en la estructura florística. Durante el proceso de identificación de una especie, un primer paso muy importante es darle el nombre vulgar o común que se realiza con ayuda del “matero”, que es la persona conocedora de los nombres de los árboles a este nivel, lo realiza con base en un legajo cultural y empírico. Sin embargo, muchas veces lleva a confusiones, porque sucede que una misma especie puede tener dos o más nombres y, a su vez, a varias especies se le conoce con un mismo nombre común, lo que se hace más complejo cuando se cambia de lugares.

La correcta identificación de las especies forestales de interés, especialmente en los bosques bajo manejo, es de suma importancia, ya que se logra su diferenciación, además que el nombre científico es conocido universalmente. La importancia de conocer cada especie es porque cada una tiene maderas con características propias, como sus propiedades físicas y mecánicas, durabilidad natural, comportamiento al secado a la trabajabilidad, características que inciden en su comercialización, para diversos usos (madera aserrada, pisos, muebles, chapas decorativas, triplay, etc.) y mercados (local, nacional e internacional). También es importante la identificación para la selección de las especies de interés para manejo forestal, aplicación de tratamientos silviculturales, etc. (Castillo, 2010: p.7)

De acuerdo a Ledesma et al., (2019: p.9) es posible identificar árboles por varios métodos. Cada método utiliza diferentes características y los tres son complementarios el primer método conocido como Botánico taxonómico se basa en el uso de flores y frutos (parte fértil). El segundo método conocido como Xilológico utiliza los elementos constitutivos del leño, a través de un examen macroscópico sobre un trozo de madera o mediante un análisis microscópico. El tercer método conocido como Dendrológico, utiliza características morfológicas macroscópicas de órganos vegetativos como la filotaxis, posición y forma de las hojas, corteza, tronco, base del tronco, forma de la copa, características de la corteza y del fuste, el aspecto general del árbol y sus exudados etc. En conjunto estas características constituyen un poderoso instrumento para el reconocimiento de árboles.

1.2.1. Dendrología

La Dendrología según Dueñas y Nieto (2010: p.13) es una parte de las Ciencias Forestales. En sentido amplio comprende el estudio botánico de las especies de plantas arbóreas; por lo que se le podría llamar, también Botánica Forestal, la palabra Dendrología se deriva del griego, Dendron árbol, y logos ciencia, por lo tanto, es el estudio o ciencia de los árboles, la dendrología se considera también una división de la Dasonomía que trata de la Taxonomía de los árboles y otras plantas leñosas, incluyendo la nomenclatura, clasificación, identificación y distribución de estos.

La importancia de la Dendrología radica en el perfeccionamiento de aptitudes para la identificación de las especies forestales o arbóreas es uno de los retos fundamentales para los profesionales forestales que se desenvuelven en un país megadiverso y ecológicamente variado (Peña, 2013: pp.1-7)

1.2.2. Taxonomía

Nosotros, como seres humanos, tenemos una tendencia natural a querer comprender y organizar el mundo que nos rodea. Estas fueron habilidades que nos ayudaron a tener éxito a través de nuestra evolución. Dicho esto, también necesitamos nombrar las cosas para poder comunicarnos sobre ellas, Usando un lenguaje común y aceptado en todo el mundo, y en el caso de las plantas este lenguaje común es el uso de nombres científicos (latín) (Brewer, S.f: p.3)

En este contexto de ordenar, comprender y clasificar las cosas, hoy en día el ser humano hace uso de la ciencia conocida como; taxonomía, que se define como la ciencia que se encarga de nombrar, describir y clasificar organismos e incluye todas las plantas, animales y microorganismos del mundo. Utilizando observaciones morfológicas, conductuales, genéticas y bioquímicas, los taxónomos identifican, describen y ordenan las especies en clasificaciones, incluidas aquellas que son nuevas para la ciencia (CBD, 2010)

1.2.3. Árbol

De acuerdo a Ledesma et al., (2019: p.8) desde el punto de vista de la anatomía de la madera, un árbol puede definirse como un vegetal capaz de producir lignina y tener tejido secundario originado por el cambium vascular mientras que desde un punto de vista ecológico, un árbol es un vegetal con aptitud competitiva capaz de ocupar un lugar dominante entre otras plantas. Por otro lado Wilson (2014: p.32) menciona que un árbol es una planta leñosa perenne que crece a una altura y tamaño considerables, con un tronco principal autoportante y generalmente ramas en desarrollo a cierta distancia del suelo. A partir de la perspectiva botánico, un árbol se define como una planta superior, perenne, leñosa, al menos de 2 metros de altura, en el cual se distinguen la raíz el tronco o fuste y la copa (INIA y OIMT, 1996: p.14)

Para una definición biológica de un árbol, se debe tener en cuenta su anatomía y desarrollo. Los árboles crecen en altura y grosor. Esto se da por la presencia de tejidos de crecimiento, llamado meristemas. El crecimiento en altura se conoce como crecimiento primario y es causado por el meristemo apical. Mientras crece en espesor se conoce como crecimiento secundario y se origina en los meristemas laterales. El meristemo apical se encuentra en la yema apical, en las yemas axilares y en las puntas de las raíces. De esta manera, las plantas crecen altas, se ramifican y desarrollan un sistema de raíces. Los árboles tienen gran importancia ecológica, pues fijan dióxido de carbono, protegen los suelos de la erosión, producen frutos y hojas que son alimento de animales, protegen las márgenes de los ríos, producen oxígeno, entre otros. Además, son importantes en términos culturales (Aguilar, 2019: p.1)

1.2.4. Herbario

De acuerdo a Marc (2016) Mucha gente parece tener una idea equivocada de un herbario, asociando con un lugar donde se cultivan hierbas, de hecho, es un lugar donde se colecciona especímenes de plantas preservados, etiquetados y almacenados de manera organizada que facilita el acceso. Puede pensar en ella como una biblioteca de muestras de plantas secas utilizadas tanto para la educación como para la investigación

Por lo general, las plantas se aplanan, secan y se montan en papel de archivo de tamaño uniforme, pero algunos herbarios también incluyen musgos, algas, hongos o líquenes en paquetes de papel de archivo, semillas, secciones de madera, polen, portaobjetos de microscopio, extracciones de ADN o frascos de plantas. partes conservadas en alcohol o glicerina (Marc, 2016)

La creación de un ejemplar de herbario implica el prensado y secado de plantas entre hojas de papel, práctica que ha cambiado muy poco desde sus inicios, hace 500 años. Gracias a esta sencilla técnica, la mayoría de las características de las plantas vivas son visibles en la planta seca. Los pocos que no lo son (por ejemplo, el color de la flor, el aroma, la altura de un árbol, el tipo de vegetación) están escritos en la etiqueta de la colección por el recolector. Lo más importante es que la etiqueta debe indicarnos dónde y cuándo se recogió la muestra (RBGE, 2019)

Los objetivos del herbario son: (a) almacenar materiales de referencia. Para ello se requiere la preservación de los ejemplares, y un tipo de ordenamiento que facilite hallarlos; (b) facilitar su uso por parte de los investigadores. Para ello se requiere de un sistema ágil de préstamo, canje y donación de los ejemplares; (c) educar formal e informalmente. El herbario cumple un rol educativo en el ámbito académico (universitario y preuniversitario) y no académico mediante exhibiciones, muestras, folletos, cursos, charlas, cuadernillos, visitas al herbario, etc. (Katinas, 2001, p.2)

1.3. Anatomía de la madera

La Anatomía de Madera es la rama de la Biología que estudia el xilema, leño o madera con el fin de Conocerlo y darle un uso correcto, determinar especies, predecir usos adecuados, prever el comportamiento del leño en procesos industriales, evaluar la aptitud tecnológica de la madera. La Anatomía de Madera da apoyo a otras ramas de las Ciencias Forestales como: Tecnología de la Madera, Silvicultura, Dendrocronología, Dasometría, etc. (Gimenez et al., 2002: pp.1-2)

La xilología es la rama de la ciencia que analiza y describe la disposición de los elementos celulares del leño de los árboles, constituyéndose en una valiosa herramienta para la identificación de especies tropicales (Cury y Filho, 2011: p.228)

El principal objetivo de la investigación anatómica es verificar la relación existente entre las características estructurales y su posterior aplicación. Estas variaciones pueden explicarse a través de variables dendrométricas físicas y anatómicas (Gimenez et al., 2002: pp.1-2)

1.3.1. La madera

La madera es un material biológico de origen vegetal. Forma parte del tronco de los árboles y su función es transportar agua y sustancias nutritivas del suelo hacia las hojas, da soporte a las ramas que forman la copa y fija las sustancias de reserva almacenando los productos transformados en las hojas. Todas estas funciones determinan la naturaleza de la madera caracterizada por su porosidad y elevada resistencia en relación con su peso, propiedades éstas que la hacen, totalmente, diferente a otros materiales de construcción (Aguilar y Guzowski, 2011: p.7)

De acuerdo a Coronel (1994: p.15) la madera es un material orgánico y un material complejo y variable, se ha comprobado mediante investigaciones efectuadas por diferentes autores, que las propiedades de las maderas varían de la misma forma que las especies vegetales, según las zonas geográficas y los climas. De esta manera, una especie vegetal desarrollada en la misma zona, pero en terrenos diferentes en cuanto a altitud, humedad o composición, acusa notables diferencias. De la misma forma, pueden aparecer diferencias si se comparan maderas provenientes de la selva, de plantaciones, o de bosques formados en laderas de montaña. La madera está constituida por células de diversas formas, con paredes de espesores variados y dispuestas diferentemente según las especies, pero siempre orientadas en las direcciones ortogonales principales (longitudinal, radial y tangencial). Estas células forman la estructura peculiar de la madera, y explican su naturaleza heterogénea y anisótropa. En virtud de ello, las características de las maderas varían de un punto a otro, y también sus resistencias se modifican según las direcciones consideradas.

Económicamente, la madera puede aprovecharse, siendo éstas, por lo general, troncos y, en un mayor alcance, también, ramas y raíces. La madera de los troncos se puede utilizar de múltiples maneras: como láminas, como chapas finas, triturada en tableros y como macizo para obras de construcción y carpintería. Además, se beneficia de ella la industria química para la obtención, sobre todo, de celulosa, nitrocelulosa, aceites y ácidos (Aguilar y Guzowski, 2011: p.7)

La madera es un material que está compuesto por diferentes tipos de células que forman los tejidos. La composición y distribución de ellos dan particularidades en su aspecto estético, en sus propiedades físicas y mecánicas y en su composición química, todo lo cual contribuye a la identificación de una pieza en estudio (Carreras, 2009: p.6)

Gracias a su versatilidad es utilizada con gran diversidad de formas tanto para producir papel como para tableros de partículas o aglomerados, tableros de fibras como los MDF (Medium Density Fibreboard) o los hardboard; terciados, laminados y multilaminados entre otros (Alfieri, 2018: p.1)

hoy en día, y a pesar de los descubrimientos de nuevos materiales, metales, plásticos, cerámicas, etc. Siguen siendo las maderas y sus derivados, los materiales más empleados en el mundo. Anualmente, se utilizan, alrededor de 3.800 millones de m³ de madera y derivados, en las más diversas aplicaciones. Bien es verdad, que el costo de su generación, es en general, el más bajo de todos los materiales, ya que es la naturaleza, la que pone los medios para ello (Alcibar, 2014: p.7)

1.3.2. Importancia del estudio anatómico de la madera

El uso correcto de la madera demanda del conocimiento de sus características, tanto anatómicas como de sus propiedades físico-mecánicas, mediante la aplicación de estándares internacionales que permitan, con base en sus propiedades, determinar las condiciones para su utilización y procesamiento. Es importante conocer las características anatómicas para así inferir posibles comportamientos de la madera bajo diferentes procesos de manejo y transformación; por ejemplo, la presencia o ausencia de tilosis o sustancias extraíbles en los vasos influyen en los tiempos de secado, en la estabilidad dimensional y en la durabilidad natural de la madera, entre otros (Rodríguez et al., 2015: p.157)

La industria de la madera requiere materia prima uniforme para la elaboración de productos de calidad. Su aptitud como materia prima está asociada con el grado de variabilidad de los caracteres anatómicos estructurales. En consecuencia, es necesario conocer los patrones de variación anatómicos estructurales y su relación con las fuentes de variación ambientales (Moglia y Lopez, 2001: p.4)

Carlquist (1997: p.887) estudió el impacto del diámetro, la longitud y la morfología de los elementos de vaso y su relación con algunos factores ecológicos, principalmente la precipitación media anual en diferentes comunidades vegetales.

El dibujo o veta de la madera está en función de su estructura anatómica y la forma de corte; también la calidad y en muchas ocasiones el aspecto de una madera puede variar con las condiciones de suelo y clima donde creció el árbol, aportando estructuras más abiertas o cerradas por las dimensiones de las células, lo cual hace variar también sus propiedades tecnológicas (Carreras, 2009: p.7)

La característica anatómica revela la estructura interna exacta para identificar una madera, el nivel de orden, familia, género y especie, también conocer el comportamiento de secado, preservado y otros. La proporción de los elementos xilemáticos influye sobre las propiedades físicas, mecánicas; es así que las maderas que poseen mayor cantidad de fibras se trata de maderas de alta densidad y resistencia mecánica; contrariamente las maderas que tienen mayor proporción de parénquima y vasos amplios poseen baja densidad y resistencia mecánica (Aróstegui, 1970)

1.3.3. Características anatómicas de la madera

1.3.3.1. Poros

A diferencia de las coníferas, el grupo de las latifoliadas presenta una exuberante variedad y cantidad de elementos anatómicos que hace más compleja su descripción, pero al mismo tiempo, facilita la identificación de muchas especies. Entre los elementos anatómicos estructurales, a escala macroscópica, podemos mencionar los poros o vasos, llamados elementos o líneas vasculares en los planos longitudinales, el parénquima, los radios o parénquima radial y las fibras (Vásquez y Ramírez, 2011: p.18). Por otra parte, Puertas, Guevara y Espinoza (2013: p.22) mencionan que los poros son orificios o agujeros originados por el corte transversal de un vaso. El vaso es un elemento de conducción del agua libre y las sustancias alimenticias en el árbol, está constituido por células tubulares.

De acuerdo a Vásquez y Ramírez (2011: p.21) la porosidad se puede clasificar en tres categorías; Por su agrupamiento, arreglo u orientación de los poros, porosidad o distribución de los poros.

Por su agrupamiento. Al ser observados en el plano de corte transversal (X), los poros pueden ser de varios tipos así: (1) Solitarios. Cuando un porcentaje igual o superior al 90% de los vasos, se presentan completamente rodeados por otros elementos. (2) Múltiples. Cuando se unen dos o más poros, haciendo contacto por sus caras tangenciales (perpendicular a los radios) y presentando un achatamiento que los hace parecer subdivisiones de un solo poro. A su vez los poros múltiples se clasifican también en múltiples radiales, múltiples tangenciales, múltiples diagonales, múltiples racemiformes

Arracimados o agrupados. Cuando se amontonan tres o más vasos, haciendo contacto por sus caras radiales y tangenciales

Arreglo u orientación de los poros. El patrón de distribución de los poros en el plano de corte transversal puede ser: (1) Radial. Cuando se observan con una orientación muy paralela a los radios. (2) En bandas tangenciales. Orientados aproximadamente paralelos a los anillos de crecimiento y perpendiculares a los radios, formando bandas cortas o largas, que así mismo, pueden ser anchas o delgadas. (3) Diagonal. Cuando los vasos se presentan de manera intermedia entre una orientación radial y una tangencial.

Porosidad o distribución de los poros. Característica determinada por las variaciones apreciables de tamaño, cantidad y distribución de los poros con relación a la presencia o ausencia de anillos de crecimiento en el plano transversal lo que define la "porosidad" de una madera: (1) Porosidad difusa. Cuando tanto el tamaño como la distribución de los poros es uniforme en toda la sección transversal. (2) Difusa Uniforme: poros dispersos uniformemente a lo largo de los anillos de crecimiento. (3) Difusa No Uniforme: poros dispersos desigualmente a lo largo de los anillos de crecimiento. (4) Porosidad circular. Cuando los poros delimitan el anillo de crecimiento presentándose en mayor número y tamaño al inicio del mismo y luego, con una disminución abrupta en su tamaño y número hacia el final del anillo de crecimiento. (5) Porosidad semicircular. Cuando los poros delimitan el anillo de crecimiento presentándose en mayor número y tamaño al inicio de este, y a diferencia de la circular, presentan una disminución gradual en su tamaño y número hacia el final del anillo de crecimiento.

1.3.3.2. Inclusiones en los poros o vasos

Tilide o tilosis

Las tílides son estructuras de membrana en forma de globo que crecen hasta convertirse en elementos vasculares a partir de células del parénquima adyacentes, son más comunes en algunas especies que en otras; en especies donde normalmente están ausentes, pueden encontrarse en duramen (Conners, 200: pp.9751-9759)

Las tílides son comunes en los vasos o poros del xilema de muchos géneros de angiospermas, se pueden encontrar en la albura normal o en respuesta a heridas, invasión de hongos patógenos o infección por virus; El tiempo de desarrollo de las tílides puede variar en diferentes regiones climáticas (Kozlowski y Pallardy, 1997: pp.34-67)

Gomas o resinas

Las resinas son sustancias que las células vegetales producen para responder a lesiones o infecciones en árboles y arbustos; La mayoría de las resinas son translúcidas con tonos marrón amarillentos y físicamente son sólidas o semisólidas (Aguirre et al. 2018: p.9)

Sílice

El sílice es un compuesto inorgánico formado por los elementos más comunes en la tierra, silicio (Si) y oxígeno (O₂). También es el compuesto más abundante en la corteza terrestre, donde constituye el 59% de la composición total. En muchas partes del mundo, la sílice es el componente principal de la arena (LARCHWOOD, 2019)

Las plantas absorben fácilmente la sílice disuelta (DSi), también conocida como ácido silícico (H₄ SiO₄), la forma dominante de Si en las soluciones del suelo, de ahí la presencia de este elemento en la madera (Fulweiler et al., 2015: p.2)

Los árboles de madera dura de áreas tropicales (teca, por ejemplo) tienden a tener un mayor contenido de sílice en la madera. La sílice rara vez está presente en cantidades más que trazas en la madera de especies arbóreas templadas y las maderas blandas son generalmente mucho más bajas en sílice inherente que las maderas duras (LARCHWOOD, 2019); El sílice se determina incinerando la muestras, tratando la ceniza con ácido fluorhídrico y midiendo la pérdida de silicio como tetrafluoruro de silicio volátil

La acción abrasiva del sílice reduce considerablemente la vida útil de la herramienta de corte. El procesamiento de especies tropicales con alto contenido de sílice sigue siendo un desafío para la industria de la madera (Cristovao, 2013, p.6)

1.3.3.3. Parénquima

El parénquima es un tejido importante en el xilema secundario de las plantas con semillas, con funciones que van desde el almacenamiento hasta la defensa y con efectos sobre las propiedades físicas y mecánicas de la madera (Morris et al., 2016: p.1553)

Por otro lado Lopez (2003: p.102) menciona que el término parénquima se refiere a un grupo de células vivas similares en cuanto a estructura y función, éstas forman un tejido que exhibe relativamente pocas diferencias anatómicas en la planta.

Según Vásquez y Ramírez (2011: p.24) El parénquima debe observarse en el plano transversal (X) y constituye una característica diagnóstica de suma importancia en el proceso de descripción e identificación de las diferentes maderas. Las células de este tipo de tejido son, por lo general, de color más claro, debido a sus paredes celulares más delgadas. Se han definido tres grandes grupos de parénquima, así:

Parénquima Apotraqueal

Cuando las células del parénquima se encuentran, en un 90 a 95%, aisladas de los poros, sin rodearlos ni entrar en contacto con los mismos. Difuso en agregados. Cuando las células de parénquima tienden a juntarse, insinuando la formación de líneas, sin llegar a cruzar los radios adyacentes

En bandas

Cuando las células de parénquima, como su nombre lo indica, forman bandas con una extensión variable en la sección transversal (X), que pueden estar, o no, en contacto con los vasos, y siempre son perpendiculares a los radios se subdivide en: (1) Bandas finas o anchas. Cuando las células de parénquima forman bandas concéntricas en la sección transversal, que con este nivel de aumento sólo es posible clasificar como finas y anchas, pueden también aparecer diagonales, rectas, continuas o discontinuas. (2) Reticulado. Cuando las bandas de parénquima y los radios forman un diseño semejante a una red, debido a que las bandas o líneas de parénquima y los radios, se presentan a espacios aproximadamente iguales y con el mismo ancho. (3) Escaleriforme. Cuando las bandas de parénquima y los radios forman un diseño que recuerda una escalera. En este caso, se observa un menor espacio entre las bandas de parénquima y un mayor ancho de los radios en relación con las primeras. (4) Marginal. Cuando las bandas de parénquima se encuentran ubicadas en el límite (margen) de los anillos de crecimiento.

Paratraqueal

Cuando las células de parénquima se encuentran, en un 90 a 95%, rodeando parcial o totalmente a los poros se subdivide en; (1) Aliforme de extensión lineal o romboidal. Cuando el parénquima rodea totalmente a los poros formando extensiones como alas finas y largas, en el caso del lineal, o con extensiones laterales cortas y anchas, en forma de rombo, en el caso del romboidal. (2) Aliforme confluyente. Cuando las alas o extensiones del parénquima se alargan para unir varios poros, formando cadenas irregulares orientadas tangencial o diagonalmente. (3) Vasicéntrico. Cuando el parénquima rodea totalmente a los poros formando un círculo completo a su alrededor, que puede ser delgado o grueso. (4) Vasicéntrico confluyente. Cuando el contorno circular del

parénquima se extiende para unir varios poros. (5) Unilateral. Cuando las células de parénquima rodean sólo la mitad de la circunferencia de los poros formando un semicírculo a su alrededor.

1.3.3.4. Radios

Los radios, constituidos por parénquima o tejido claro, son el único conjunto de células que se orienta perpendicular al eje del árbol, en dirección médula – corteza. Sus funciones básicas son las de almacenar sustancias nutritivas y realizar el transporte horizontal de nutrientes. Su visualización y descripción son de crucial importancia para la correcta ubicación de los diferentes planos de corte y para la identificación de muchas especies. En la descripción de una madera es importante observar los radios y determinar su ancho, abundancia, altura en el plano longitudinal tangencial y su contraste o notoriedad en el plano longitudinal radial (Vásquez y Ramírez: 2011, p.5).

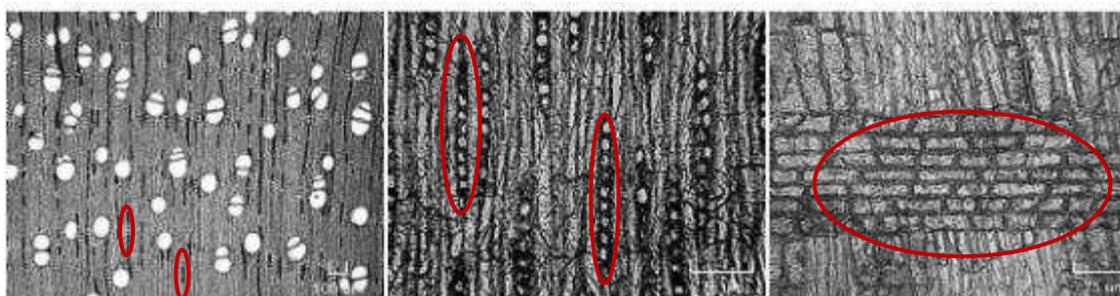


Figura 1-1. Radios en la sección transversal, tangencial y radial, de izquierda a derecha

Fuente: Armijos, 2019

1.3.3.5. Anillos de crecimiento

Son capas concéntricas de crecimiento, producido durante el desarrollo diametral del árbol por el cambium. Se observan en la sección trasversal con respecto al eje longitudinal del tronco. Se clasifican como estacionales para plantas de zonas tropicales que tienen estaciones marcadas (Puertas, Guevara y Espinoza, 2013: p.22)

El fenómeno de la formación de anillos de crecimiento presenta diversidad de variantes y es estudiado por la dendrocronología, ciencia capaz de interpretar las normas de crecimiento anual de los árboles y la utilización posterior de esa información para evaluar fluctuaciones pasadas en el clima o datar hechos pretéritos. Con poco aumento y muchas veces a simple vista, la madera permite distinguir estos anillos. Cada capa de crecimiento se produce por la interacción del cambium con el ambiente. Por esto se podría decir que es el producto del crecimiento de una estación, pero la diversidad de condiciones ambientales puede inducir más de una capa por año y

aún dentro de una misma estación, por lo cual no siempre se puede asegurar que sean anillos anuales (Barañaño et al., 2008: p.12)

1.3.4. Planos anatómicos de corte

Por tratarse de un organismo heterogéneo constituido por células dispuestas y organizadas en diferentes direcciones, el aspecto de la madera varía de acuerdo con la sección observada (Gimenez et al., 2002: p.5); las principales secciones del cubo de madera son; sección transversal, sección radial, sección tangencial (NPS, 2002: p.5)

1.3.4.1. Corte transversal

perpendicular al eje del árbol (Gimenez et al., 2002: p.5). La superficie es dura y propensa a partirse. No se tiñe ni termina bien y no se puede lijar hasta que quede suave(NPS, 2002: p.5).

1.3.4.2. Corte radial

Paralelo a los radios o perpendicular a los anillos de crecimiento (Gimenez et al., 2002: p.5), el patrón de vetas en esta veta vertical o de borde suele ser recto y regular. Las tablas cortadas a lo largo de este plano son dimensionalmente estables y se distorsionan muy poco en respuesta a cambios en la humedad relativa ambiental. También resistirán la abrasión y la intemperie (NPS, 2002: p.5). A nivel macroscópico, en este plano se observan el tamaño de los radios, tipo de grano y el lustre o brillo de la madera.

1.3.4.3. Corte tangencial

tangencial a los anillos de crecimiento o perpendicular a los radios (Gimenez et al., 2002: p.5), las tablas cortadas a lo largo de este plano se hincharán, contraerán y distorsionarán al doble de velocidad que las que se cortan en un plano radial (NPS, 2002: p.5)

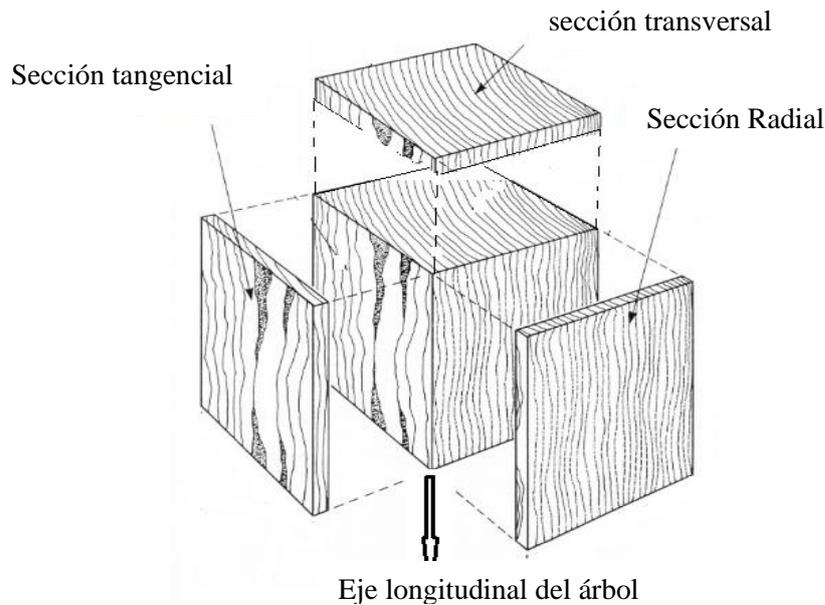


Figura 2-1. Planos anatómicos de corte

Fuente: NPS, 2002

1.3.5. Tinción histológica

La tinción histológica es una serie de procesos técnicos que se llevan a cabo en la preparación de muestras de tejidos mediante tinción utilizando tinciones histológicas para ayudar en el estudio microscópico. La tinción se utiliza para resaltar características importantes del tejido, así como para mejorar el contraste del tejido (Alturkistani, Tashkandi y Mohammedsaleh, 2015: p.72)

1.3.5.1. Safranina

La safranina es un colorante que se usa comúnmente para microscopía de plantas, especialmente como colorante para tejidos lignificados como el xilema. La safranina marca de forma fluorescente la pared celular de la madera, produciendo fluorescencia verde / amarilla en la pared celular secundaria y fluorescencia roja / naranja en la región de la laminilla media (Bond et al., 2008: p.161).

Las muestras de madera y fibra a menudo se tiñen con safranina O (0,5 a 1% en agua o etanol al 50%), una tinción roja selectiva para la celulosa (Bajpai, 2018: p.209)

1.3.5.2. Astra Blue

Astra Blue ($C_{47}H_{52}CuN_{14}O_6S_3$) también conocido como Basic blue 140, es una tinción para oligo y polisacáridos como la celulosa en tejidos vegetales. también actúa como precursor de

ftalocianinas solubles en agua, tiene un contenido de tinte del 90%, tiene una longitud de onda de absorción máxima (λ_{max}) de 601 - 609 nm. También se ha utilizado para el análisis de mastocitos humanos de tejidos o muestras de sangre. Se puede encontrar tanto en polvo como en forma líquida. El polvo es soluble en agua, metanol y DMSO (SCBT, 2021)

1.4. Características organolépticas

1.4.1. Olor

Es aquella característica producida por sustancias volátiles como resinas y aceites que en Ciertas especies producen olores característicos (COVENIN, 1993: p.23). Estas sustancias se encuentran infiltradas en la madera, las que al volatilizarse emanan olores característicos. Constituyen una ayuda para la identificación de la especie sólo si se considera la porción del duramen (Gonzales, 2008: p.16).

1.4.2. Color

El color de la madera se debe básicamente a los extractivos que se encuentran en el interior de las células leñosas. El color varía no solo entre diferentes clases de madera sino también dentro de una especie y, en algunos casos, en la misma pieza de madera (Gonzales, 2008: p.15).

1.4.3. Sabor

El sabor está dado por el efecto por algunas sustancias contenidas en las células de la madera. El sabor debe emplearse con cierto cuidado pues algunos árboles contienen sustancias tóxicas que pueden ocasionar alergias al ser humano (Gonzales, 2008: p.16).

1.4.4. Grano

COVENIN (1993, p.16) define a grano como una característica externa que permite percibir la orientación de la fibra. Tiene importancia en la trabajabilidad de la madera y en su comportamiento estructural. puede ser: fino y grueso, mientras que Vásquez y Ramírez (2011: p.10) clasifican al grano de la siguiente manera: Recto, Entrecruzado, Ondulado o crespo, Oblicuo y diagonal o inclinado.

1.4.5. Textura

Es la distribución y tamaño relativo de los elementos anatómicos de la madera, considerada en sección transversal (COVENIN, 1993: p.35).

Vásquez y Ramírez (2011: p.11) mencionan que en las latifoliadas, es el efecto producido por las dimensiones, distribución y porcentaje de los diversos elementos del leño, principalmente por el diámetro de los vasos, la abundancia de parénquima y ancho de los radios. Debe ser observada en el plano transversal (X) de la pieza, aunque los otros planos complementan su determinación. Se clasifica en tres tipos: Gruesa, Media y Fina.

1.4.6. Veteado

Está definido por la veta o figura que se origina en la superficie longitudinal pulida debido a la disposición de los elementos constitutivos del leño (vasos, radios leñosos, parénquima y anillos de crecimiento), así como al tamaño y la abundancia de ellos (Gonzales, 2008: p.23)

De acuerdo a Vásquez y Ramírez (2011: p.11) el veteado se clasifica como; Veteado suave o no acentuado, Veteado acentuado a muy acentuado, Arcos superpuestos, Satinado, Jaspeado y Líneas vasculares. Adicionalmente, el veteado puede caracterizarse por la presencia de contenidos celulares (inorgánicos) con brillos característicos, por bandas de coloración diferentes, cuando esta característica no es uniforme en la madera o varía a causa del ataque de hongos cromógenos, muy frecuentes en maderas de colores claros.

1.4.7. Lustre

Es la característica típica de algunos grupos de especies o algunas especies donde el lustre o brillo es producido por el reflejo que causan los elementos que conforman los radios cuando éstos son expuestos a la luz. El lustre de la madera depende en parte del ángulo de incidencia de la luz sobre la superficie y de los tipos de células expuestas (Gonzales, 2008: p.17).

En la descripción macroscópica el brillo se clasifica como bajo, mediano o moderado y elevado o intenso. Su importancia es principalmente de orden estético y aunque puede ayudar, no es determinante en la identificación y diferenciación de las especies (Vásquez y Ramírez, 2011: p.10).

1.5. Densidad

La densidad está determinada por la cantidad de sustancia madera presente en un volumen dado, el contenido de humedad de la pieza de madera y la cantidad de extractivos presentes. La cantidad de sustancia madera está relacionada directamente con el espesor de la pared celular de los elementos constituyentes de la madera, específicamente de aquellas células que se encargan de llevar a cabo la función de soporte o resistencia mecánica: traqueidas en coníferas y fibras en latifoliadas (León y Espinoza, 2016: p.388)

La densidad es una característica física importante de la madera en la definición de uso tecnológico y comercial porque es un excelente indicador de la cantidad de madera presente en una muestra y de la trabajabilidad del material además, está relacionada con otras propiedades de la madera, como resistencia, porosidad, organización de los componentes anatómicos y la número, tamaño y composición química de las células (Nogueira, Nelson y Fearnside, 2005: p.262)

La fórmula básica para determinar la densidad de la madera es:

$$d=m/v$$

Donde:

d=densidad de la madera (g/cm³)

m =masa (g)

v=volumen (cm³)

La densidad de la madera está determinada por la relación entre masa y volumen, siempre estrechamente vinculada con el contenido de humedad. Generalmente se establecen unas condiciones concretas, de un 12%. Dependiendo de la densidad de la madera clasificaremos una madera de la siguiente forma: muy ligera, ligera, semipesado, pesada, muy pesada (Viscarra 1998 citado en Rivera, 2014: p.14)

Tabla 1-1: Clasificación de la madera según la densidad.

Clase	Rango (g/cm ³)
Muy baja (MB)	Menos de 0,3
Baja (B)	De 0,31 a 0,40
Media (M)	De 0,41 a 0,60
Alta (A)	De 0,61 a 0,80
Muy alta (MA)	Más de 0,81

Fuente: Viscarra 1998 citado en Rivera, 2014

1.6. Potencial de Hidrógeno (pH)

El valor de pH es una medida de la concentración de iones H + en una solución y se utiliza para determinar comportamiento ácido, neutro o básico Los valores de pH son un parámetro fisiológico muy importante para las plantas, los seres humanos y los animales. La medición del valor de pH se utiliza en casi todos los laboratorios, plantas de fabricación, o trabajo de campo (Geffert, Geffertova y Dudiak, 2019: p.6).

1.6.1. Importancia de pH de la madera

Conocer el valor del pH de la madera es muy importante en varias áreas de su uso. Los metales pueden corroerse o el rendimiento de los adhesivos, así como el mecanismo de fijación de los conservantes de la madera, pueden verse afectados. al entrar en contacto con la madera. El valor del pH de la madera debe ser el centro de atención, así como en el caso de la producción de pasta de madera, tableros de fibra y tableros de partículas o plastificantes madera (Geffert, Geffertova y Dudiak, 2019: p.6)

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Caracterización de la zona de estudio

2.1.1. Fase de campo

2.1.1.1. Localización

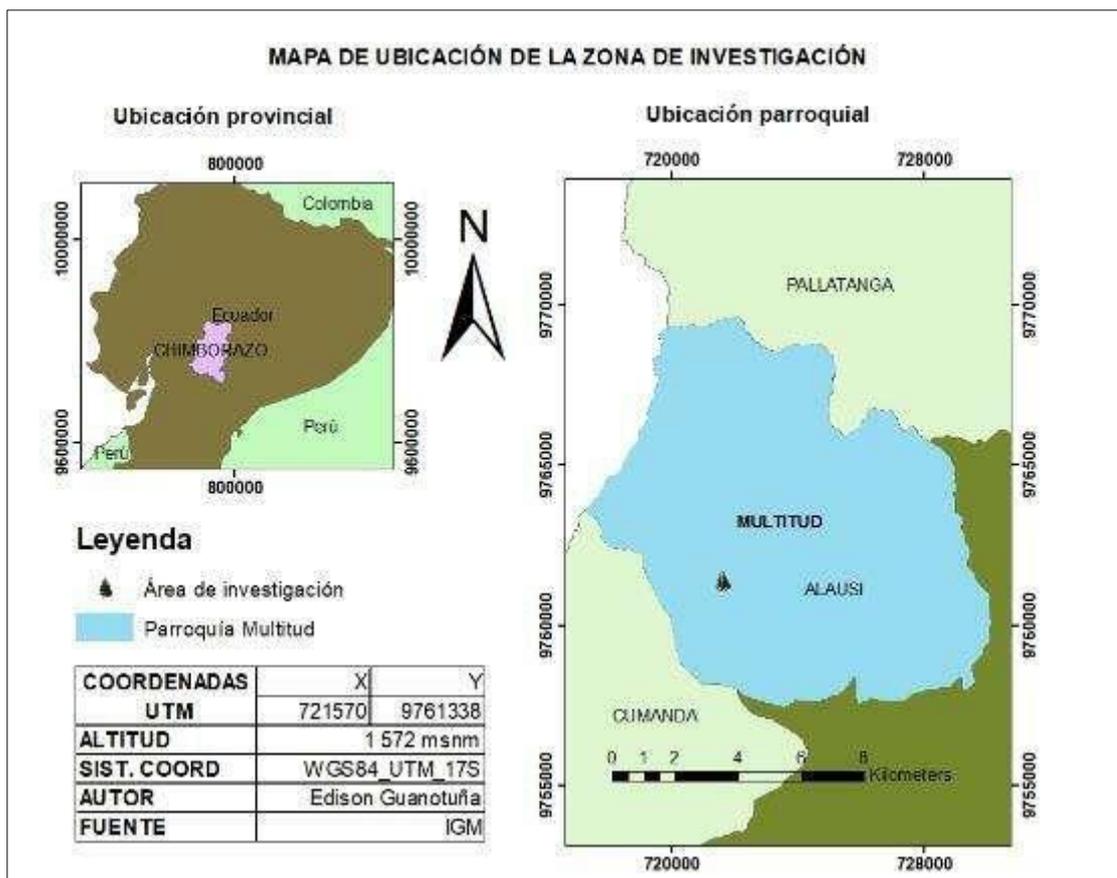


Figura 1-2. Ubicación de la zona de estudio

Realizado por: Guanotuña, Edison, 2021.

El predio donde se colectó las muestras para el presente estudio está localizado en las coordenadas $79^{\circ} 0' 28''$ W $2^{\circ} 9' 28''$ S a una altura de 1 572 msnm, tiene una superficie de 30 ha, políticamente se localiza en la provincia de Chimborazo, Cantón Alausí, parroquia Multitud, recinto Surupata, específicamente en la finca los Nogales propiedad de los señores Gonzalo Miranda y Norma Elizabeth Salazar Huaraca.

Al efectuar el recorrido en campo se constató que en los territorios mencionados se desarrollan actividades como la agricultura y la ganadería, se observa bosques densos de arbustos y árboles maderables, sin embargo, los bosques nativos de la zona han sido reemplazados por pastizales para ganado sobre todo en zonas donde hay planicies y en menor incidencia en zonas inclinadas. Los remanentes de bosque nativo que aún se conserva, se encuentran situadas mayoritariamente en las riberas de los arroyos, acantilados y en zonas de difícil acceso.

2.1.1.2. Clasificación ecológica

De acuerdo con el sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador continental, propuesto por el Ministerio de Ambiente del Ecuador (2013: p.86-88), y basando en la altitud a la que se encuentra la zona de estudio (1 572 msnm), el ecosistema corresponde al Bosque siempreverde montano bajo de Cordillera Occidental de los Andes (BsBn04), el cual está en el rango altitudinal que va de 1400-2000 msnm

2.1.1.3. Relieve y suelos

El territorio de la zona presenta una topografía bastante irregular con un tipo de pendiente alta y escarpada, el 100% del territorio se caracteriza por ser montañoso, cuenta con terrazas y colinas altas lo cual dificulta el cultivo en áreas de producción agrícola, la pendiente alta afecta por ejemplo al riego por gravedad, provocando el desgaste por el acarreo de suelos (GADMultitud, 2021).

2.1.2. Fase de laboratorio

La fase de laboratorio consistió en la caracterización anatómica, organoléptica, determinación de densidad y el pH de las maderas; estas actividades se desarrollaron en el laboratorio de ciencias biológicas y la Xiloteca de la Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

2.2. Materiales y equipos

2.2.1. Materiales de campo

Aplicación Off line maps, cabo, cámara fotográfica de un celular LG de 12 megapíxeles, cegueta, cinta métrica, fundas plásticas, Libreta de apuntes, machete, Marcador permanente, motosierra, papel periódico, prensa de madera y vehículo para movilización.

2.2.2. *Materiales y equipos de oficina*

Computadora hp con Windows 10, celular LG con Android 7.0, hojas de papel bond y software ArcGis 10.5

2.2.3. *Materiales y equipos de laboratorio*

Agua destilada, alcohol al 70 por ciento, autoclave (Biobase USA), balanza digital, brocha, cajas Petri plásticas, Calibrador pie de rey, cinta adhesiva, envases de vidrio de 350 mL, franela, guantes, mandil, marcador permanente para vidrio, micrótopo (tipo Spencer 820), microscopio (Quimis motic), papel absorbente, papel aluminio, pincel, pinza para manipulación, pH metro, pipeta Pasteur de 5 mL, placas porta y cubre objetos, probeta (50 ml), tabla de Munsell, tinciones Astrablue y Safranina.

2.3. Metodología

2.3.1. *Fase de campo*

2.3.1.1. *Georreferenciación de la zona de estudio y selección de especies*

Se realizó un recorrido a la zona de estudio con el fin de georreferenciar y ubicar las especies. El criterio para la selección de las especies forestales utilizadas en este estudio fue ubicar arboles de fuste recto y sanos. Una vez establecido el criterio de selección, se ubicó cinco especies forestales. Paralelamente se inició el trámite para obtener el permiso de investigación del Ministerio del Ambiente y Agua en el sistema SUIA, debido a que este es el documento legal que autoriza la recolección de muestras de biodiversidad con fines investigativos, en la figura 2-2 se observa los nombres comunes de las especies recolectadas y su ubicación en el campo.



Figura 2-2. Mapa de ubicación de especies en el campo

Realizado por: Guanotoña, Edison. 2021

2.3.1.2. Identificación preliminar de las especies seleccionadas

En base a las características morfológicas y a la experiencia de los propietarios de la finca, se realizó la identificación preliminar de los nombres comunes de las cinco especies forestales en pie, seguidamente se tomó lectura de las coordenadas de la localización de cada una de las especies tal como se observa en la tabla 1-2. Para el registro de datos dendrológicos, se utilizó el formulario de apoyo propuesto por Salvador (2010, p.10).

Tabla 1-2: Nombres comunes, hábitos y localización en campo de las especies en estudio

Cod. especie en campo	Nombre común	Hábito	Localización
E1	Amay	Árbol	79° 0' 26" W 2° 9' 27" S
E2	Arrayán	Árbol	79° 0' 30" W 2° 9' 34" S
E3	Guabo	Árbol	79° 0' 29" W 2° 9' 32" S
E4	Jigua negra	Árbol	79° 0' 2" W 2° 9' 44" S
E5	Porotón	Árbol	79° 0' 15" W 2° 9' 30" S

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

2.3.1.3. *Recolección de las muestras botánicas y maderas*

Se colectó una muestra dendrológica de cada especie en estado fértil (hojas, flores y frutos). La colecta de las muestras de madera se realizó de acuerdo a los procedimientos recomendados por las normas COPANT citado en Salvador (2010, p.5), el cual recomienda que: para estudios tecnológicos que permitan obtener buenos resultados en cuanto a propiedades físicas, químicas y mecánicas, se debe seleccionar 3 repeticiones (árboles) por especie y tomar una muestra de madera de cada árbol.

Con el fin de evitar confusiones durante el transporte, se codificó las muestras convenientemente de la siguiente manera: **E1, E2, E3...E5**, Donde: **E1**= número de especie, que aún no se identifica y que solo tiene nombre común tal como se indica en la Tabla 1-2. Para evitar el daño de las muestras botánicas durante el transporte, se colocó dentro de un papel periódico recubierto con funda plástica.

2.3.1.4. *Herborización de las muestras dendrológicas*

Las muestras dendrológicas colectadas, se herborizó de acuerdo al manual de operaciones del Herbario Politécnico (CHEP), propuesto por Caranqui (2011, p.4). El procedimiento consiste en: colecta de plantas, secado de plantas, identificación, elaboración de etiquetas, montaje, catalogación (Archivo en la colección), intercambio, determinaciones y base de datos.

2.3.2. Fase de laboratorio

2.3.2.1. Identificación dendrológica de las especies en estudio

Las muestras herborizadas de cada una de las especies fueron transportadas al herbario CHEP de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, donde se realizó, la identificación taxonómica mediante la comparación con muestras previamente identificadas presentes en el Herbario, a través de consultas bibliográficas (bibliotecas e internet) y por consulta a un experto en dendrología. Una vez identificadas, el herbario emite un certificado sobre la base del permiso de investigación otorgada por el Ministerio de Ambiente y Agua y finalmente las muestras son almacenadas en el herbario.

2.3.2.2. Determinación de las características anatómicas

Para la descripción anatómica de las maderas, se dimensionó cubos de madera de 2x2x2 cm, de cada una de las repeticiones (árboles), de las cinco especies.

Una vez obtenidos los cubos de madera (2x2x2 cm), se realizó el proceso de ablandamiento en un autoclave (Biobase, USA) con el fin de facilitar los cortes histológicos de los cubos en el micrótopo. Para el proceso de ablandamiento se preparó las muestras de madera (5 cubos), iniciando con el pesaje de los 5 cubos, luego de esto se colocó en un frasco de vidrio con agua destilada, posteriormente, se selló los frascos de vidrio con triple capa de papel aluminio y finalmente se introdujo los frascos en el autoclave a diferentes tiempos o ciclos.

Un ciclo se traduce como el tiempo que tarda desde que se introduce las muestras en el autoclave a una presión 0 atm hasta que se apaga el autoclave al alcanzar una presión de 1,94 a 2,32 atm y empieza a descender nuevamente hasta alcanzar 0 atm de presión. generalmente el tiempo que toma un ciclo es de 1 hora, al final de cada ciclo se comprobó el estado del ablandamiento de los cubos aplicando presión con la uña de los dedos.

Una vez terminado el proceso de ablandamiento de los cubos de madera de cada una de las especies en estudio, mediante el uso del microtopo se realizó los cortes histológicos en planos transversal, radial y tangencial de cada repetición, previo a esto se realizó varios cortes, de manera que la superficie de la madera quede uniforme para realizar los cortes definitivos de buena calidad, el espesor de cortes varió dependiendo de la especie, y por último se seleccionó las láminas con las mejores características, los cuales fueron colocadas en placas Petri con agua destilada para el proceso de tinción.

Tinción

Para el proceso de tinción de las láminas histológicas, se utilizó los tintes líquidos: safranina (**S**), Astra blue (**A**), y la combinación de los dos (**S/A**) en proporción 1:1. Los tintes se colocaron en cajas Petri y con la ayuda de una pinza se sumergió totalmente las láminas histológicas durante 10, 20 y 30 segundos, esto se realizó con las 5 especies, por cada plano anatómico de corte (transversal, radial y tangencial) y sus repeticiones.

Para evitar la acumulación de los tintes en las láminas histológicas, al final de cada inmersión se enjuagó con: alcohol al 70% las láminas sumergidas en Astra Blue (**A**) y con agua destilada a las láminas sumergidas en Safranina (**S**) y combinación (**S/A**). Posterior a ello se dejó reposar en papel absorbente durante 10 minutos para su secado.

Montaje en las placas

Una vez concluido el proceso de tinción, con la ayuda de una pinza, se procedió a colocar las láminas histológicas en las placas portaobjetos con su respectivo cubreobjetos y luego fueron aseguradas y observadas en el microscopio (Quimis Motic)

Observación y descripción de las características anatómicas

La observación y descripción de las características anatómicas de las maderas, se realizó siguiendo la lista (IAWA, 2008, pp.1-166) de características microscópicas para la identificación de madera dura. Para este procedimiento, se fotografió las láminas histológicas en el microscopio, utilizando los lentes 4x y 10x y en los diferentes tintes; Safranina (**S**), Astrablue (**A**) y la mezcla (**S/A**) tanto del plano transversal, tangencial y radial, posteriormente se seleccionó las fotografías de mejor calidad.

Análisis estadístico de las características anatómicas

Para el proceso de análisis estadístico, se seleccionó 9 fotografías del plano transversal de cada repetición, dando en total 27 fotografías por especie, de los cuales se realizó la medición de los perímetros de los poros en el software Motic Images plus, conteo de los poros solitarios, múltiples de 2, 3 y 4 con la ayuda del software Counthings. Luego de realizar el conteo y medición, se realizó una base de datos en Excel.

Una vez creada la base de datos, se realizó una tabla resumen con el promedio de los perímetros de cada repetición por especie y de igual forma para el conteo de los poros solitarios, múltiples de 2, 3 y 4. Seguidamente, los datos obtenidos se cargaron al programa InfoStat versión 2020 para su respectivo análisis. Para el análisis de los resultados (poros solitarios, múltiples de 2, 3 y 4), se aplicó un ANOVA. Para evaluar la normalidad de los datos se aplicó la prueba de Shapiro-Wilks. Cuando existieron diferencias entre los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey. Los poros solitarios (PS), múltiples de 2 (M2) y múltiples de 3 (M3) tenían una distribución normal exceptuado para los poros múltiples de 4 (M4), el cual no seguía una distribución normal (p-valor menor a 0.05) por lo que se tuvo que realizar una estadística no paramétrica, aplicando la prueba de Kruskal Wallis.

Para el análisis de los perímetros de los poros de las cinco especies se aplicó un ANOVA en el programa INFOSTAT. Para evaluar la normalidad de los datos se aplicó la prueba de Shapiro-Wilks, al comprobar que existen diferencias entre los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey. Para el análisis de los poros por cm^2 en primer lugar se realizó el conteo de todos los poros solitarios y múltiples de 2, 3 y 4 tal como lo recomienda el AIWA, luego se registró en Excel, posteriormente se aplicó un ANOVA en el programa INFOSTAT, luego se aplicó la prueba de Shapiro Wilks para comprobar la normalidad de los datos, al comprobar que no tenía una distribución normal se realizó una transformación de raíz cuadrada hasta normalizar los datos para conseguir la normalidad de los datos y luego se aplicó Tukey.

2.3.2.3. Determinación de las características organolépticas

Gonzales (2008, p.15) menciona que las características organolépticas de la madera son aquellas que pueden ser percibidas por los órganos sensoriales, entre éstas se incluyen: color, olor, grano, brillo, vetado, textura y sabor, los cuales fueron determinadas en este estudio.

Obtención de las muestras y descripción

Para la caracterización organoléptica, se siguió los lineamientos establecidos por las normas COPANT (1974, p.119), en donde señala que el tamaño de las muestras de madera dependerá del grado de precisión que se desea alcanzar, por lo tanto, en este estudio las dimensiones de las muestras obtenidas fue de 15cm de largo, 9 cm de ancho y 2 cm de espesor, esto por cada una de las especies y tres repeticiones.

Para la descripción de las características organolépticas se utilizó fotografías de la corteza, sección transversal, sección tangencial y sección radial, y de acuerdo a la clasificación realizada por Puertas, Guevara y Espinoza (2013, pp.28-34).

Tabla 2-2: Clasificación de las características organolépticas

Características organolépticas	clasificación
Color	Tabla de Munsell
Olor	no distintivo, distintivo, fragantes, desagradables
Grano	Recto, entrecruzado, ondulado, oblicuo
Brillo	bajo, mediano o moderado y elevado o intenso, sin brillo
Veteado	Arcos superpuestos, Bandas paralelas, Jaspeado
Textura	Gruesa, media, fina
Sabor	Sin sabor, amargo, ligeramente dulce, no distintivo

Fuente: Puertas, Guevara y Espinoza , 2013

2.3.2.4. *Determinación de la densidad de las especies en estudio*

A partir del momento de recolección de las muestras, hasta el momento del cálculo de la densidad, las muestras madera permanecieron secándose en condiciones ambientales durante dos meses, es decir que se determinó la densidad en estado seco al aire, que según Grigoriev, 1985 citado en Arechaga, 2009; Furness y Dick, 2009; Spavento, Keil y Monteoliva, 2008 en este punto la humedad de la madera oscila entre 12% y 20%. Para el cálculo de la densidad se utilizó 5 cubos (2x2x2 cm) por especie, se obtuvo la masa de cada uno de los cubos con una balanza analítica y el volumen con un calibrador pie de rey. seguidamente se registró los datos en Excel y se aplicó la fórmula de la densidad para hallar el valor.

Fórmula de la densidad:

$$d = \frac{m}{v} \text{ (Vallejo y Zambrano, 2011, p.178)}$$

en dónde;

d: densidad expresada en g/cm³

m: masa expresada en g (gramos)

v: volumen expresado en cm³ (centímetros cúbicos)

la metodología utilizada para medir las dimensiones de los cubos de madera y calcular la densidad se conoce también como método empírico, el cual según un estudio realizado por Valencia y

Vargas (2016: pp. 81-87) es un método sencillo y altamente confiable en la estimación de la densidad en muestras pequeñas de madera, que tienen forma geométrica regular.

Para la estimación de la densidad en estado verde, se colocó en agua durante 48 horas los mismos cubos utilizados para el cálculo de la densidad en seco, una vez pasado ese tiempo se realizó el pesaje en una balanza analítica y se tomó las dimensiones de cada uno de los cubos con un calibrador pie de rey.

2.3.2.5. Determinación del pH de las muestras maderables de las cinco especies

La humedad en estado seco al aire de las maderas en el momento de la determinación del pH fue de 12% y 20% (Grigoriev, 1985 citado en Arechaga, 2009; Furness y Dick, 2009; Spavento, Keil y Monteoliva, 2008). El procedimiento para determinar el pH se realizó de la siguiente manera: (1) se obtuvo el aserrín de las maderas de las cinco especies en estudio; (2) se tamizó el aserrín con el fin de obtener tamaños de partículas homogéneas; (3) en la balanza analítica se cuantificó la masa del aserrín preferiblemente de 20 gramos de cada una de las especies; (4) se colocó el aserrín en recipientes de plástico; (5) se agregó agua destilada cuidando que la mezcla (aserrín y el agua destilada) sea homogénea, por lo tanto, la cantidad de agua destilada varió de especie a especie. Culminado este proceso se dejó la mezcla en reposo durante una hora, moviendo la mezcla con la ayuda de un palillo cada 10 minutos.

Para tomar el valor cuantitativo y cualitativo del pH se utilizó la escala de pH. En primer lugar, se calibró el pH metro y se tomó el valor del pH del agua destilada como referencia directa (7), luego se tomó lectura del pH de cada una de las cinco especies.



Figura 3-2. Escala de potencial de Hidrógeno (pH)

Fuente: Muñoz, 2018

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Identificación y descripción dendrológica de las especies en estudio

En este apartado se muestran los resultados del objetivo uno: Identificar dendrológicamente las Cinco especies forestales en estudio.

En la Tabla 1-3, se detalla la identificación de las especies realizada en el herbario

Tabla 1-3: Especies identificadas en el Herbario

DATOS DE HERBARIO		DATOS DE CAMPO	
Familia	Especie	Cod. especie en campo	Nombre común
Clusiaceae	<i>Clusia multiflora</i> Kunth	E1	Amay
Fabaceae	<i>Erythrina edulis</i> Triana ex Micheli	E5	Porotón
Myrtaceae	<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC	E2	Arrayán
Lauraceae	<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.	E4	Jigua Negra
Meliaceae	<i>Ruagea pubescens</i> H. Karst	E3	Guabo

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

3.1.1. *Clusia multiflora*

Clase: Magnoliopsida

Orden: Theales

Familia: Clusiaceae

Género: *Clusia*

En la zona de estudio el nombre común de esta especie es Amay, mientras que en otros lugares se conoce como Cape (Colombia), Incienso (Panamá), Copey (Perú) y Cucharó (Venezuela) (Bonilla, 2002: p.4). Dentro de la zona de estudio la distribución altitudinal de esta especie, es de 1580 msnm, por lo tanto el rango altitudinal coincide con lo reportado por Vasquez, Larrea y Suarez (2000: p.50) en bosque maduro (Bm), y bosque secundario en el sector Machay dentro del parque nacional Llanganates (Ecuador) a 1630 msnm, además en provincias como Azuay, Cañar, Bolívar, Carchi, Chimborazo, Esmeraldas, Imbabura, Loja, Napo y Pichincha en altitudes desde 500 hasta los 3500 msnm (Jørgensen y Ulloa, 1994) y en Colombia de 2.000 - 3.600 msnm (ITTO, 2006: p.28).

Arboles dioicos, hasta 14 m de altura y 20 cm de diámetro corteza interna con exudado por puntos, de color amarillo. Hojas simples opuestas decusadas, agrupadas al final de la rama; pedolo muy corto, acanalado y con la base abrazadora. Lamina foliar redondeada a obovada, 7,0 - 20,0 cm de largo por 3,0 - 8,5 cm de ancho, base cuneada, apice cuneado, borde entero, consistencia coriacea; nerviación pinnada, nervaduras secundarias poco notorias, unidas cerca de la margen; haz verde oscuro lustroso, envés verde pálido, glabros. Inflorescencia en simas terminales, 4,0 - 6,0 cm de largo. Las Flores son vistosas, aromáticas, unisexuales; cáliz con 4 sépalos oblongos; corola con 4 pétalos oblongos de color amarillo pálido. (ITTO, 2006: p.28)

3.1.2. *Erythrina edulis*

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Erythrina*

Esta especie es conocida en la zona con el nombre común de Poroton, es un árbol con fuste recto y cilíndrico, alcanza una altura variable de entre 10 m a 15 m, la corteza del fuste es tipo corrugado color amarillento con un tipo de líneas verticales con púas en alto relieve y un DAP de aproximadamente 50 cm, la corteza de las ramas también tiene espinas, estos datos obtenidos en campo son similares a los reportados por Cardenas (2012: p.99) quien menciona que el tronco es de regular grosor (1.20 m) y posee algunas espinas que parecen púas, por tales razones su reconocimiento es muy fácil. Las hojas están compuestas por tres folíolos, son semicoríceas y pueden tener espinas o no, las flores son de color rojo carmín a amarillo, están agrupados en inflorescencias definidas tipo racimo (Barrera, 1998: p.4). En cuanto a los frutos se observó vainas de aproximadamente 15 cm de largo por 3 a 4 cm de diámetro dentro del cual se encuentran semillas tipo frijol color pardo rojizo lo cual se confirma con la literatura, donde menciona vainas cilíndricas, de 3 a 5 cm de diámetro, las de 55 cm en promedio, con 9 a 11 semillas; y las de 15 cm de largo promedio con 2 a 3 semillas (Barrera y Mejía: 1980 p.6).

La madera como tal de esta especie, de acuerdo con el propietario de la finca no se utiliza debido a su baja densidad y su rápido deterioro al estar expuesta al ambiente. Sin embargo, según Barrera y Mejía (1980: p.6) se utiliza especialmente las semillas para, alimentación animal, agroindustrias y en piscícolas, y la especie como tal en reforestación y agroforestería

Dentro de la zona de estudio esta especie se halló a 1700 msnm, coincidiendo con lo reportado por Vasquez, Larrea y Suarez (2000: p.51) en el sector Río Verde dentro del parque nacional Llanganates (Ecuador) a 1600 msnm, se reportan la presencia de esta especie además en Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Loja, Napo, Pichincha, Sucumbíos, Tungurahua y Zamora-Chinchipec en un rango altitudinal de 1500-2000 msnm (Jørgensen y Ulloa, 1994), en Colombia en las estribaciones de la cordillera de los andes en un rango altitudinal de 1600 y 2000 msnm (Barrera y Mejía, 1980: p.6).

3.1.3. *Myrcia fallax*

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malpighiales

Familia: Myrtaceae

Género: Myrcia

Árbol de aproximadamente 10 a 14 m de altura con un DAP en promedio de 25 cm, fuste recto, corteza de color marrón y liso, no se observa la presencia de exudados, los frutos son bayas rojizas de aproximadamente medio centímetro de diámetro, las hojas son simples opuestas, de borde entero y ápice acuminado. Se encuentra a una altitud de 1533 msnm. Guevara (2015: p.34) reporta a esta especie como Árbol, de 6 a 12 m de alto, corteza marrón grisácea, lisa algo fisurada o escamosa, ramas jóvenes se van tornando color castaño, glabrescentes. Hojas opuestas con pecíolo corto, lamina elíptica, apiculada, a cortamente acuminada en el ápice, obtusa en la base, pecíolo subcoriácea glabra y verde oscuro, en el haz, escasamente pubescente a glabrescente y verde claro en el envés, el nervio medio ligeramente hundido en el haz prominente en el envés. Inflorescencia en panícula, de muchas flores con pequeñas brácteas triangulares, en la base de la ramina, pedicelo muy corto, con 5 sépalos, libres triangulares, verdosos, 5 pétalos libres, glabros blancos, estambres y estilo blanco. Fruto baya ovoide o oblongo elípsode verde tornándose púrpura- negruzca, cuando madura.

3.1.4. *Nectandra membranacea*

Clase: Magnoliopsida

Orden: Laurales

Familia: Lauraceae

Género: Nectandra

De acuerdo con los datos de campo es un árbol de aproximadamente 15 m de altura, fuste recto, DAP de 40 cm, copa frondosa, corteza oscura pardusca, el nombre común en la zona de estudio es Jigua Negra. De acuerdo con López y Montero (2005: p.6) es un Árbol que alcanza 20 m de altura con una altura comercial de 16 m y diámetro de 50 cm. Copa redondeada ancha y con follaje denso siempre verde de 10.0 x 8.5 m de diámetro. Tronco recto y cilíndrico, con presencia de pequeños aletones. Corteza externa con presencia de lenticelas. Ramitas teretes, menudamente adpreso-puberulentas, glabrescentes. Madera amarilla con olor muy fragante. Hojas elípticas a lanceoladas, 8-20 cm de largo y 4-7 cm de ancho, ápice agudo, base aguda u obtusa, cartáceas, densa a diminutamente pubescentes cuando jóvenes. Inflorescencia axilar hasta 20 cm de largo, puberulentas, flores 3-5 mm de diámetro, blancas o verdosas; estambres con filamentos cortos, anteras sin ápice estéril. Frutos redondeados de 1-1.5 cm de diámetro, cúpula poco profunda y pedicelo dilatado.

Especie de alto valor económico por su madera utilizada para construcciones internas y civiles leves, carpintería en general, cajas, estructura de muebles, uso doméstico en general. Madera adecuada para celulosa y papel. Del fruto se alimentan animales silvestres, es una especie melífera (Alvarado y Encalada, 2010: p.32)

3.1.5. *Ruagea pubescens*

Clase: Magnoliopsida

Orden: Sapindales

Familia: Meliaceae

Género: Ruagea

De acuerdo con los datos de campo, es un árbol de aproximadamente 15 m de altura con un DAP de 30 cm, fuste recto, corteza medianamente lisa de color gris, distribuida a una altitud de 1540 msnm. La altura del árbol es similar a lo reportado por Villalobos (2011: p.82), sin embargo, menciona que la corteza externa es lenticelada, áspera, gris con tintes rosados hasta marrones; corteza interna fibrosa, beige a rojiza. En la zona de estudio lo conocen con el nombre común de Guabo. En cuanto a la distribución altitudinal se ha reportado hasta los 2800 msnm (Toro, 2012: p.143). Las hojas son imparipinnadas, coriáceas, frutos cápsulas redondeadas, lenticeladas (Aguirre, 2012, p.55). Por otro lado Villalobos (2011: p.83) ha reportado por altitudes entre los 320 a 2200 m; presente en bosque amazónico pluviestacional, y bosque montano húmedo; en vegetación ribereña y altimontana, así también a orillas de ríos.

El propietario de la finca no manifestó algún uso específico de la especie, sin embargo, la especie se encuentra formando sistemas agroforestales asociado con pasto. según De la Torre et al., (2008: p.438) la madera se usa para obtener tablas, y Toro (2012: p.143) menciona que se ha utilizado para estacones y construcciones locales, también para leña. Los frutos son consumidos por aves silvestres.

3.2. Caracterización anatómica, organolépticas y densidad de las maderas

En este apartado se detalla los resultados del segundo objetivo planteado: determinar las características anatómicas, organolépticas y la densidad de las cinco especies forestales.

3.2.1. Caracterización anatómica de las maderas

Tabla 2-3: Cantidad de agua destilada y número de ciclos por especie en el proceso de ablandamiento

Especie	Masa (Gramos)	Cantidad agua destilada (mL)	Numero de ciclos
<i>Clusia multiflora</i>	44,34	150	17
<i>Erythrina edulis</i>	16,13	350	1
<i>Myrcia fallax</i>	28,44	350	18
<i>Nectandra membranacea</i>	19,1	350	1
<i>Ruagea pubescens</i>	20,65	350	1

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Las maderas de las especies *Clusia multiflora* Kunth y *Myrcia fallax* (Rich.) DC son las que requirieron mayor número de ciclos de ablandamiento, con ciclos de 17 y 18 respectivamente y las maderas de las demás especies no sobrepasan 1 ciclo. Este fenómeno pone en evidencia que, en este estudio las maderas de las especies de mayor masa requirieron mayor número de ciclos de ablandamiento que las maderas de las especies de menor masa.

3.2.1.1. *Clusia multiflora*

Sección Transversal

En la figura 1-3, se observa las siguientes características anatómicas: **a.** el tipo de agrupamiento de los poros son solitarios de forma redondeada, patrón difuso, y en menor cantidad poros múltiples de 2 y 3 radiales, los límites de los anillos de crecimiento indistintos o ausentes. **b.** dentro de los vasos se observan inclusión de tílides. **c.** Alrededor de los poros se observa un

parénquima paratraqueal Vasicéntrico, además se distinguen claramente los radios (líneas verticales oscuras)

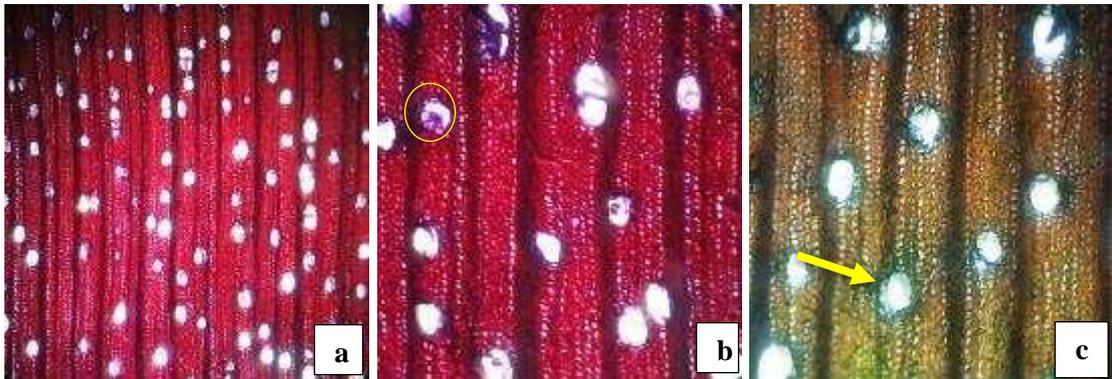


Figura 1-3. Sección transversal *Clusia multiflora*. **a.** 4x, S/A; **b.** 10x, S/A; **c.** 10x, A

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Sección tangencial

En la figura 2-3, se observa las siguientes características anatómicas: **a.** Radios no estratificados **b.** se observa radios de 1-2 células de ancho (biseriado) con células envolventes **c.** Conducto gomífero transversal, presencia de fibras libriformes que rodean los radios

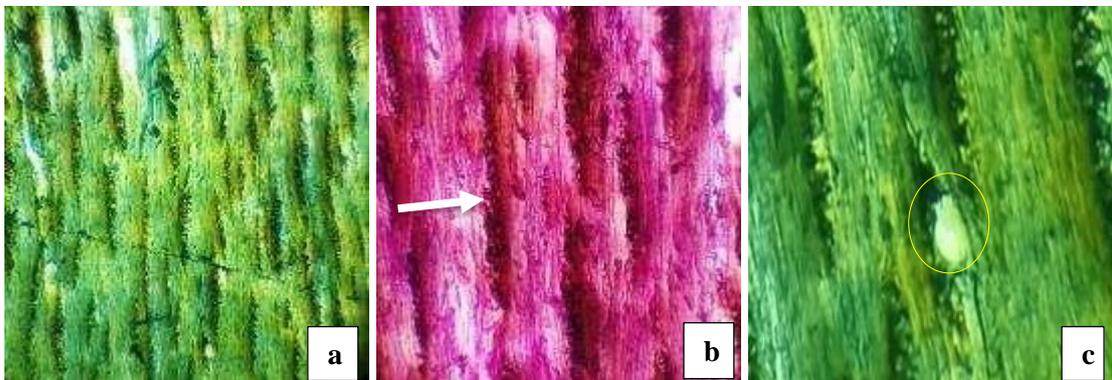


Figura 2-3. Sección tangencial *Clusia multiflora* **a.** 4x, A; **b.** 10x, S/A; **c.** 10x, A

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Sección radial

En la figura 3-3, se observa las siguientes características anatómicas: **a.** plano general de la sección radial **b.** Células de los radios corporales procumbentes principalmente de dos a cuatro filas de y/o celdas marginales cuadradas **c.** Radios celulares procumbentes

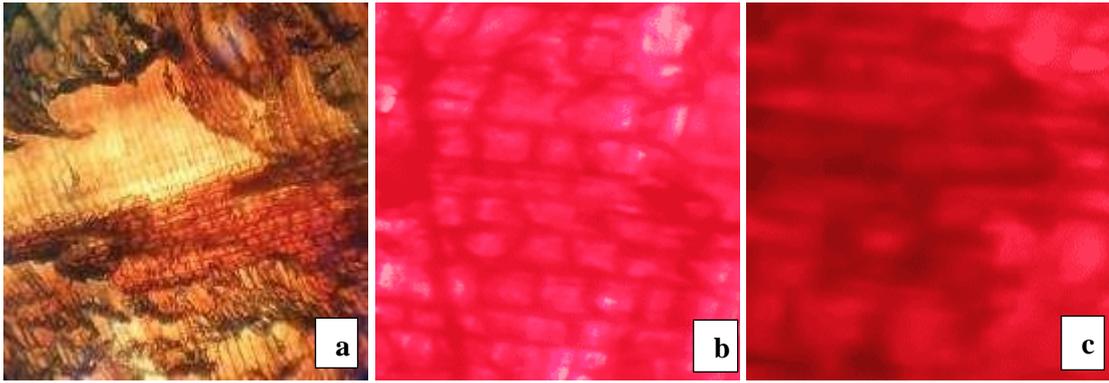


Figura 3-3. Sección radial *Clusia multiflora* **a.** 10x, A; **b.** 10x, S; **c.** 10x, S

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

En cuanto a las características anatómicas de la madera de la especie *Clusia multiflora* kunth, el tipo de agrupamiento de los poros (solitarios numerosos), forma de los poros (redondeada), radios (biseriados), son coincidentes con el estudio de Grande y Polanco (2007: p.187-193), mientras que difiere en el tipo de fibras y tipo de parenquima, donde se reportó fibrotraqueidas y parenquima Apotraqueal difuso respectivamente. Además, el tipo de porosidad solitaria difusa, y escasos múltiples radiales de 2 y 3 son similares a la especie *Clusia salvinii* reportado por Aguilar y Castro (2006: p.98)

3.2.1.2. *Erythrina edulis*

Sección transversal

En la figura 4.3, se observa las siguientes características anatómicas: **a.** Predominan los poros solitarios con patrón difuso, forma de los poros redondeado, escasos poros múltiples de 2 y de 3 **b.** se observa la presencia de tílido en los poros. **c.** se observa la presencia de un parénquima apotraqueal en líneas, la forma del contorno de los poros es irregulares y ovaladas, se observa además radios

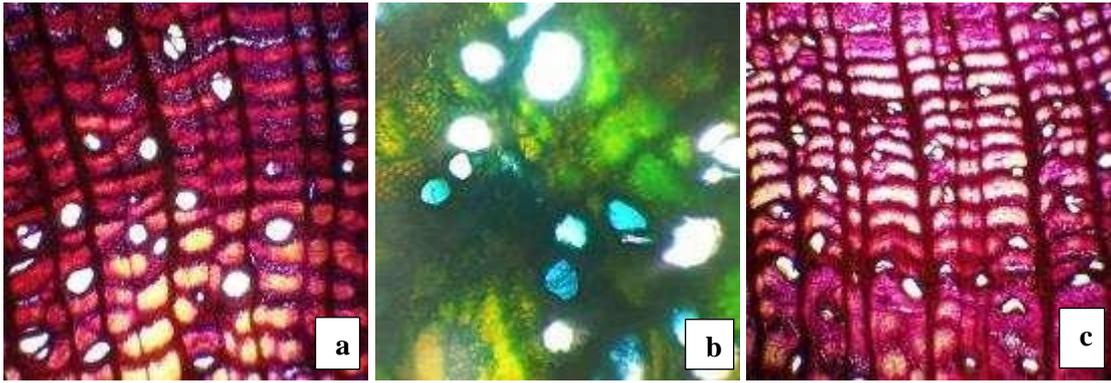


Figura 4-3. Sección transversal *Erythrina edulis* **a.** 4x, S/A; **b.** 10x, A; **c.** 4x, S/A

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Sección tangencial

En la figura 5-3, las características anatómicas que se observa son: **a.** se observa el plano general de la sección tangencial donde se distingue los radios multiseriados con anchos de 3 a 8 células y fibras libriformes **b.** Parénquima estratificado **c.** vaso con punteaduras intervasculares y varias placas de perforaciones simples a lo largo del vaso.

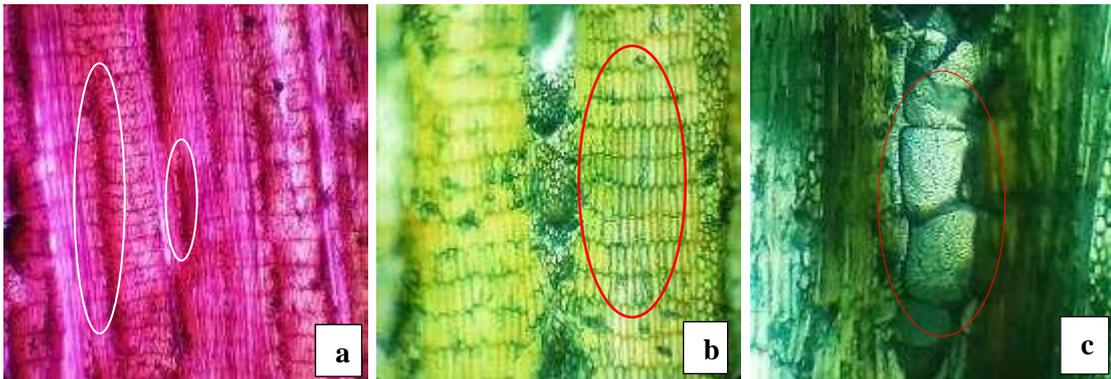


Figura 5-3. Sección tangencial *Erythrina edulis* **a.** 4x, S/A; **b.** 10x, A; **c.** 10x, A

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Sección radial

En la figura 6-3, se observa las siguientes características anatómicas: **a.** se observa el plano general de la sección radial, parénquima estratificado **b.** se divisa parénquima radial con células procumbentes y células erectas de dos a cuatro filas de celda marginales cuadradas. **c.** vasos con punteaduras y varias placas de perforación a lo largo del vaso.

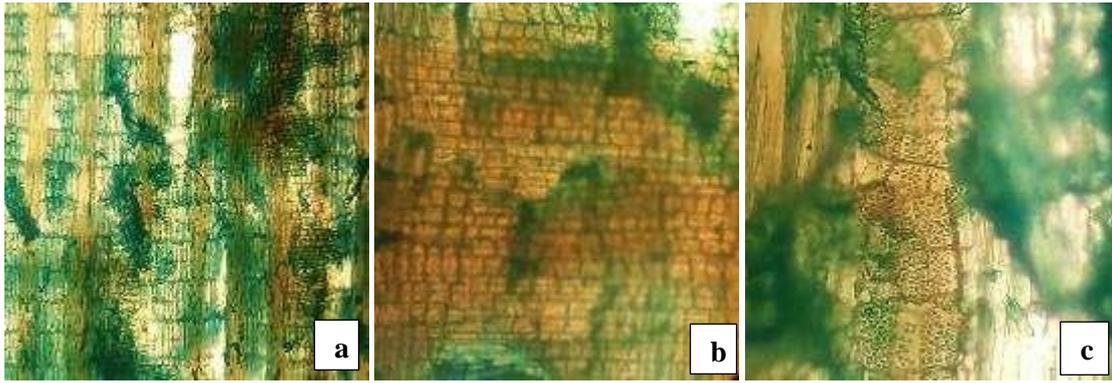


Figura 6-3. Sección radial *Erythrina edulis* **a, b, c:** A

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Con respecto a la especie *Erythrina edulis* no se reporta estudios anatómicos de su madera como tal, Sin embargo, existen estudios de otras especies del género *Erythrina*, tal es el caso de la especie *Erythrina ulei*, el cual según el estudio de Díaz et al. (2019: p.595-606) tienen características anatómicas en común, por ejemplo, el tipo de porosidad (difusa), tipo de parénquima (estratificado) y tipo de fibras (libriformes). También Williams y León (201: p.117) reporto parénquima estratificada en la especie *Erythrina poeppigiana*.

3.2.1.3. *Myrcia fallax*

Sección transversal

En la figura 7-3, se observa las siguientes características anatómicas: **a.** se identifican claramente los límites de los anillos de crecimiento que son distintos, poros solitarios con patrón difuso, Parénquima paratraqueal Vasicéntrico **b.** forma del poro redondeado, se observa la presencia de tílido en los vasos **c.** los radios son muy finos

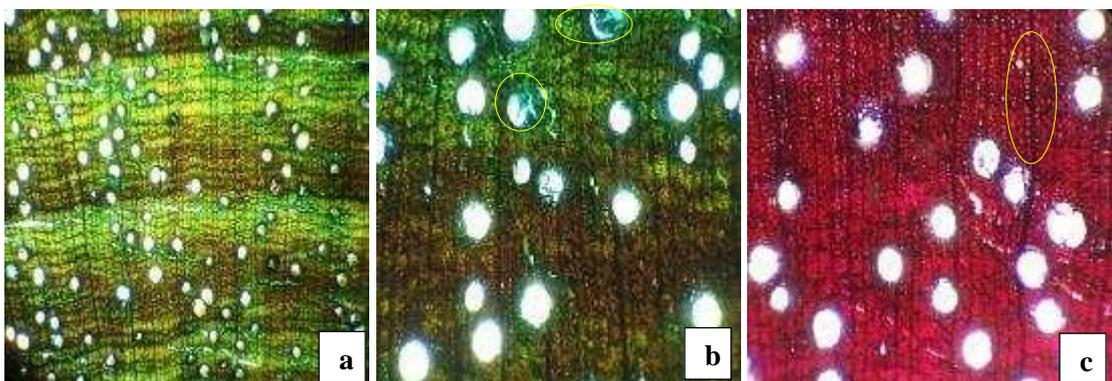


Figura 7-3. Sección transversal de *Myrcia fallax* **a.** 4x, A; **b.** 10x, A; **c.** 10x, S/A

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Sección Tangencial

En la figura 8-3, se observa las siguientes características anatómicas: **a.** se observa radios uniseriados, fibras no septadas **b.** se observa los vasos y las punteaduras intervasculares, placas de perforación, **c.** se observa la presencia de Fibrotraqueídas con punteaduras simples

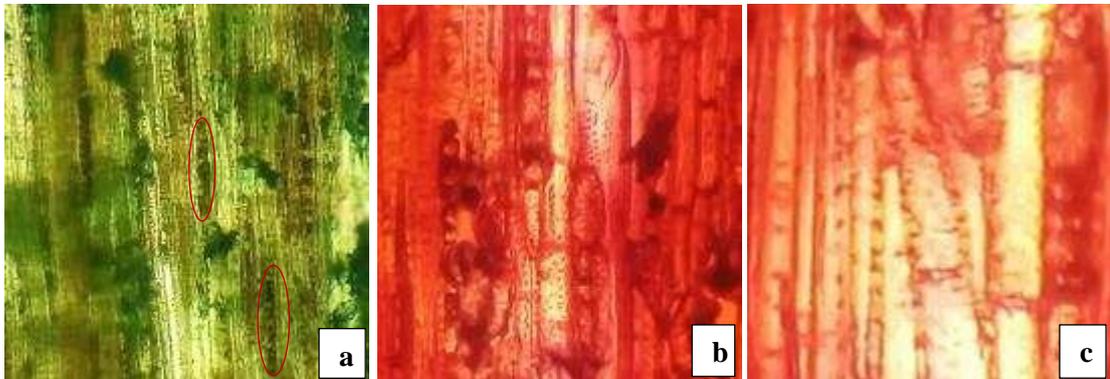


Figura 8-3. Sección tangencial de *Myrcia fallax* **a.** 4x, A; **b.** 10x, S/A; **c.** 10x, S/A

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Sección Radial

En la figura 9-3, se observa las siguientes características anatómicas: **a.** parénquima radial con células precumbentes y células erectas de dos a cuatro filas de celdas marginales cuadradas. **b.** Fibrotraqueídas con punteaduras y Células verticales del parénquima. **c.** se observa los vasos con punteaduras intervasculares y la placa de perforación

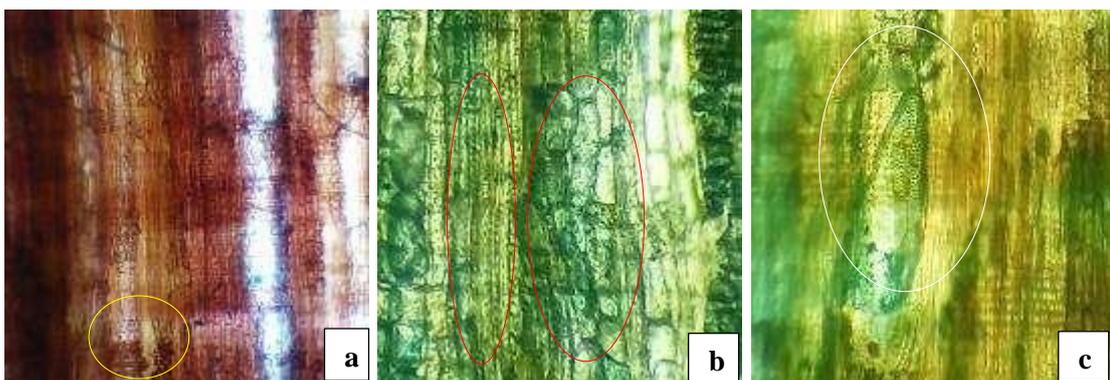


Figura 9-3. Sección radial de *Myrcia fallax* **a.** 10x, S/A; **b.** 10x, A; **c.** 10x, A

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Con respecto a las características anatómicas de la especie *Myrcia fallax*, Chamba (2010: p.106) reporta, forma de los poros redondeado, poros solitarios, parénquima paratraqueal vasicéntrico. por otro lado Williams y León (2014: p.187) reporta La porosidad difusa, solitarios, fibras con

punteaduras, fibras no septadas y células de los radios erectas. Los resultados encontrados en ambos estudios son coincidentes con los resultados del presente estudio en las características mencionadas.

3.2.1.4. *Nectandra membranacea*

Sección transversal

En la figura 10-3, se observa las siguientes características anatómicas: **a.** se observa mayormente poros múltiples de 2 y 3 en disposición radial y escasos poros solitarios, límites de los anillos de crecimiento intermedio entre distintos y indistinto, los radios son agregados. **b.** presencia de tálido en los poros, la forma del contorno de los poros es redondeado **c.** se distingue la presencia un parénquima paratraqueal Vasicéntrico.

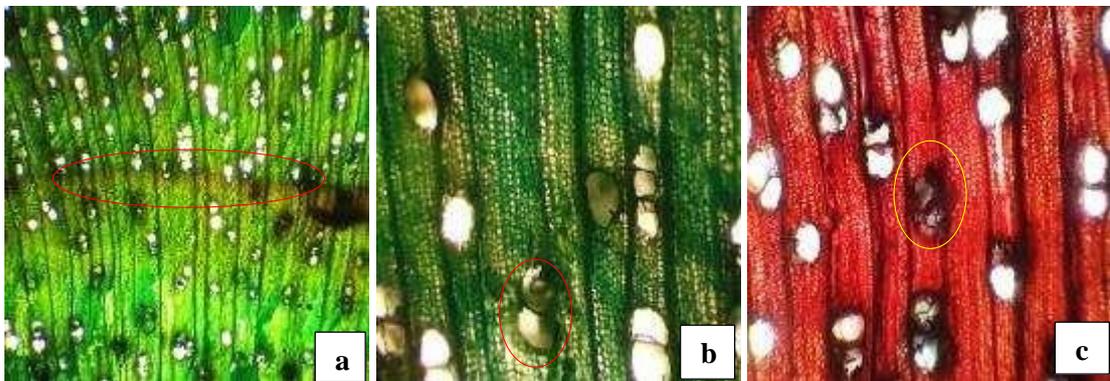


Figura 10-3. Sección transversal *Nectandra membranacea* **a.** 4x, A; **b.** 10x, A; **c.** 10x, S/A

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Sección Tangencial

En la figura 11-3, se observa las siguientes características anatómicas: **a.** plano general de la sección tangencial, donde se observan radios uniseriados y biseriados con 1 a 3 células de ancho y 12 a 15 células de largo, se observa fibras septadas rodeando a los radios **b.** se observa la presencia de un vaso con punteaduras intervasculares areoladas alternos, placa de perforación **c.** se observa la inclusión de tálido dentro del vaso

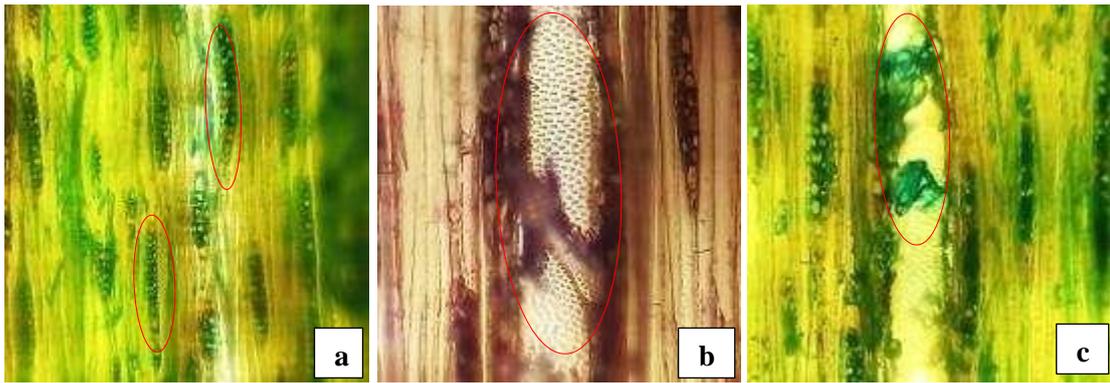


Figura 11-3. Sección tangencial *Nectandra membranacea* **a.** 4x, A; **b.** 10x, A; **c.** 10x, A

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Sección Radial

En la figura 12-3, se distinguen los siguientes elementos anatómicos: **a.** Plano general de la sección radial **b.** parénquima radial con células procumbentes y células erectas de dos a cuatro filas de celdas marginales cuadradas, se observa además campo de entrecruzamiento entre fibras verticales y el parénquima radial **c.** Fibras septadas

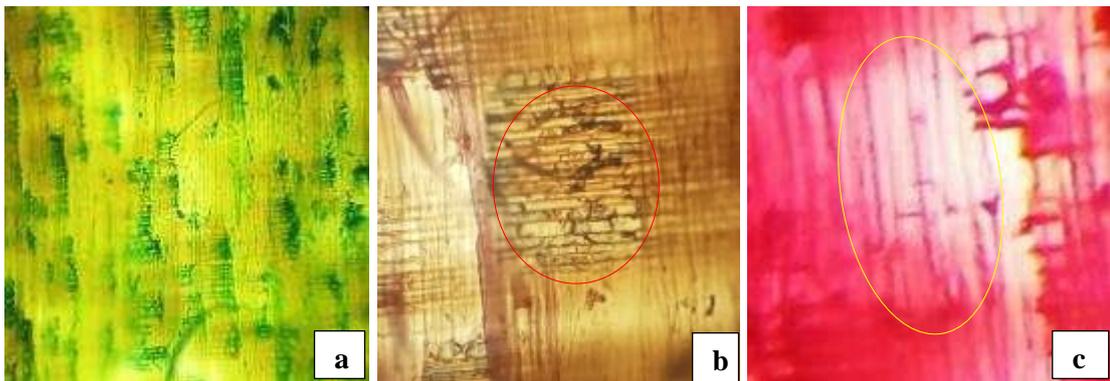


Figura 12-3. Sección radial *Nectandra membranacea* **a.** 10x, A; **b.** 10x, S/A; **c.** 10x, S

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Con respecto a las características anatómicas de la especie *Nectandra membranacea*, López et al. (2014: p.24) manifiesta que existe en su mayoría poros solitarios, lo cual difiere con este estudio debido a que en su mayoría se halló poros múltiples de 2 y 3 mientras que coincide en características como tipo de punteaduras intervasculares en los vasos (areoladas alternos), tipo de fibras (septadas) y tipo de radios (biseriados). Los autores Herdt y Melo (2016: p.13) mencionan la existencia de cuerpo de células cuadradas y procumbentes y márgenes de células verticales y anillos de crecimiento marcados, lo cuales en este estudio también se halló. Ambos autores no reportan el tipo de parénquima hallado en este estudio.

3.2.1.5. *Ruagea pubescens*

Sección Transversal

En la figura 13-3, se observa los siguientes elementos anatómicos: **a.** Poros múltiples de 2 en disposición radial seguido de poros solitarios difusos y escasos múltiples de 3 en disposición radial, están rodeados de un parénquima paratraqueal Vasicéntrico, anillos de crecimiento ausente. **b.** Forma del contorno de los poros ovalada a redonda, se distingue algunos poros solitarios de contorno angular. **c.** Presencia de tñlide.

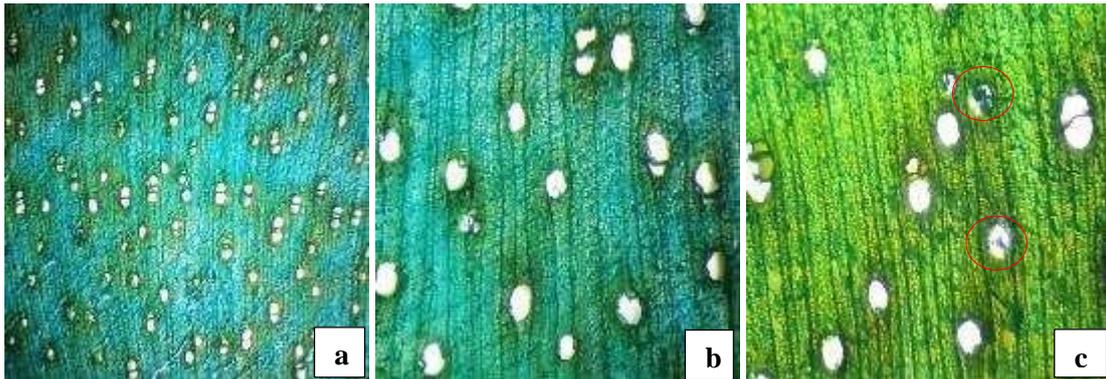


Figura 13-3. Sección transversal *Ruagea pubescens* **a.** 4x, A; **b.** 10x, A; **c.** 10x, A

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Sección Tangencial

En la figura 14-3, se distinguen los siguientes elementos anatómicos: **a.** radios uniseriados de 8 a 20 células de largo **b.** fibras septadas **c.** Vasos con punteaduras intervasculares, placa de perforación, células parenquimáticas bordeando el vaso

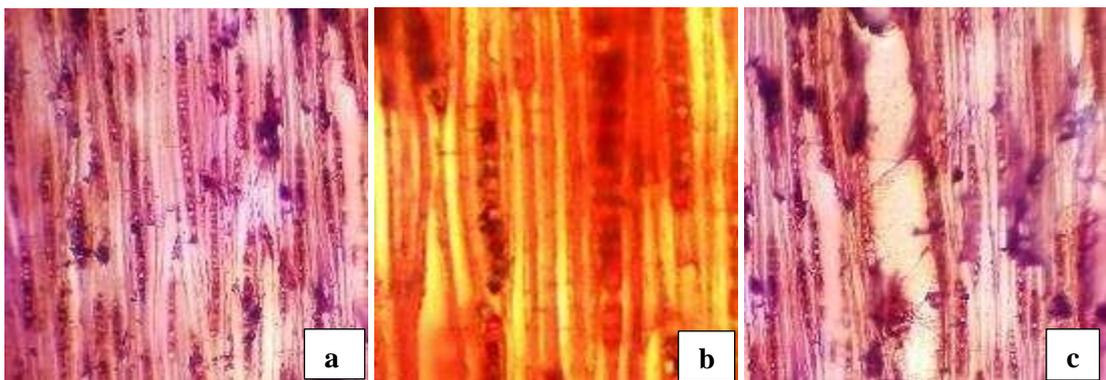


Figura 14-3. Sección tangencial de *Ruagea pubescens*. **a.** 4x, S/A; **b.** 10x, A; **c.** 10x, S/A

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Sección Radial

En la figura 15-3, se observa las siguientes características anatómicas: **a.** parénquima radial con células precumbentes de dos a cuatro filas de celdas marginales cuadradas, **b.** vaso con punteaduras, se observa además campo de entrecruzamiento entre fibras verticales y el parénquima radial, **c.** Fibras septadas

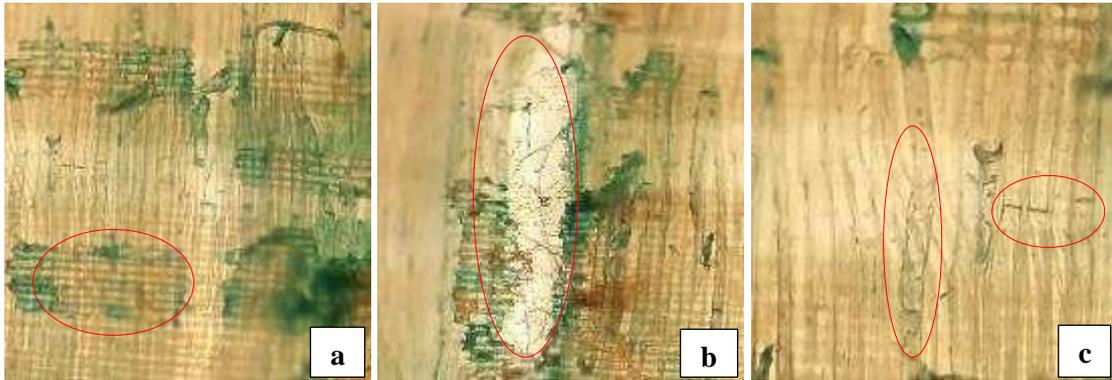


Figura 15-3. Sección radial de *Ruagea pubescens*. **a.** 10x, A; **b.** 10x, A; **c.** 10x, A

Realizado por: Guanoña, Edison. 2021

En el caso de la especie *Ruagea pubescens* no se reporta estudios anatómicos de su madera, sin embargo existe un estudio anatómico de la madera de la especie *Ruagea glabra* realizado por Grande y Polanco (2007: p.186-201), en cuyo estudio algunas de las características anatómicas observadas en este estudio coinciden, por ejemplo, el tipo de agrupación de los poros (múltiples radiales de 2 y escasos solitarios), forma de los poros (redondeado), tamaño de poros (pequeños), presencia de tálido, radios uniseriados y tipo de parénquima (Paratraqueal vacicentrico) mientras que el tipo de fibras difiere.

Tabla 3-3: Resumen cualitativo de las características anatómicas de las maderas de las especies estudiadas

Especie	características anatómicas observadas		
	Sección transversal	Sección tangencial	Sección radial
<i>Clusia multiflora</i>	Parénquima paratraqueal Vasicéntrico, radios continuos, Poros solitarios difusos, escasos poros múltiples de 2 y 3, tílides	Radios, fibras, conducto gomífero Radios biseriados	Radios celulares precumbentes
<i>Erythrina edulis</i>	Tílido, Poros solitarios difusos, escasos poros múltiples de 2 y 3, parénquima apotraqueal en líneas, radios	Radios multiseriados, Parénquima, vaso, punteaduras, fibras libriformes, placas de perforación simple	Parénquima radial, células precumbentes, vasos con punteaduras, placas de perforación
<i>Myrcia fallax</i>	Anillos de crecimiento, poros solitarios difusos, parénquima paratraqueal vasicéntrico, tílido, Radios muy finos.	Radios uniseriados, fibras no septadas, Vasos, punteaduras, placas de perforación, Fibrotraqueídas	parénquima radial, células precumbentes y células erectas de 2 a 4 filas, Fibrotraqueídas con punteaduras, células verticales, vasos con punteaduras, placas de perforación
<i>Nectandra membranacea</i>	Anillos de crecimiento, Poros múltiples de 2 y 3 en disposición radial y escasos solitarios, radios, Parénquima paratraqueal Vasicéntrico, tílido	Radios uniseriados y biseriados, fibras septadas, Vaso con punteaduras, placa de perforación, tílido	parénquima radial, células procumbentes, Fibras septadas
<i>Ruagea pubescens</i>	Poros múltiples de 2, poros solitarios escasos, tílido, radios, parénquima paratraqueal Vasicéntrico	Radios uniseriados, Fibras septadas Vasos con punteaduras, placas de perforación, células parenquimáticos	parénquima radial, células precumbentes, vaso con punteaduras,

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Tabla 4-3: Porcentaje de tipos de poros por especie

Especie	Poros Solitarios (%)	Múltiples de 2 (%)	Múltiples de 3 (%)	Múltiples de 4 (%)
<i>Clusia multiflora</i>	80,19	16,15	3,65	0,00
<i>Erythrina edulis</i>	94,58	4,81	0,61	0,00
<i>Myrcia fallax</i>	30,97	61,49	5,06	2,48
<i>Nectandra membranacea</i>	26,78	57,26	9,33	6,63
<i>Ruagea pubescens</i>	65,37	22,85	11,63	0,14

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

En la tabla 4-3, se muestran los porcentajes de tipos de poros por especie: Las especies *Clusia multiflora*, *Erythrina edulis* y *Ruagea pubescens*, se caracterizan por tener un alto porcentaje de poros solitarios, mientras que las especies *Myrcia fallax* y *Nectandra membranacea* se caracterizan por tener alto porcentaje de poros múltiples de 2.

3.2.1.6. Análisis estadístico

Tabla 5-3: Prueba de Tukey cantidad de Poros solitarios de las cinco especies

Especies	Medias	n	E. E		
<i>Erythrina edulis</i>	157,33	3	35,95	A	
<i>Nectandra membranacea</i>	191,33	3	35,95	A	B
<i>Ruagea pubescens</i>	337,00	3	35,95		B
<i>Clusia multiflora</i>	731,33	3	35,95		C
<i>Myrcia fallax</i>	1394,67	3	35,95		D

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la tabla 5-3, se muestra la prueba de Tukey, donde se evidencia que existe diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las especies *Erythrina edulis*, *Ruagea pubescens*, *Clusia multiflora* y *Myrcia fallax* mientras que entre las especies *Erythrina edulis* y *Nectandra membranacea* son estadísticamente similares y también entre las especies *Nectandra membranacea* y *Ruagea pubescens*

Tabla 6-3: Prueba de Tukey para cantidad de poros múltiples de 2, de las cinco especies

Especie	Medias	n	E. E	
<i>Erythrina edulis</i>	55,00	3	12,14	A
<i>Myrcia fallax</i>	71,00	3	12,14	A
<i>Clusia multiflora</i>	147,33	3	12,14	B
<i>Nectandra membranacea</i>	409,00	3	12,14	C
<i>Ruagea pubescens</i>	669,00	3	12,14	D

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Para el caso de los poros múltiples de 2, al aplicar la prueba de Tukey, en la tabla 6-3, se observa que se forman 4 grupos, donde únicamente las especies *Erythrina edulis* y *Myrcia fallax* son estadísticamente similares, mientras que las demás especies presentan diferencias significativas entre ellas ($p > 0,05$).

Tabla 7-3: Prueba de Tukey para cantidad de poros múltiples de 3, de las cinco especies

Especie	Medias	n	E. E	
<i>Myrcia fallax</i>	9,00	3	2,86	A
<i>Erythrina edulis</i>	28,00	3	2,86	B
<i>Clusia multiflora</i>	33,33	3	2,86	B
<i>Ruagea pubescens</i>	55,00	3	2,86	C
<i>Nectandra membranacea</i>	66,67	3	2,86	C

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Para el caso de los poros múltiples de 3, al efectuar la prueba de Tukey. La tabla 7-3, revela que se forman 3 grupos; el grupo B conformado por las especies *Erythrina edulis* y *Clusia multiflora* son estadísticamente similares, de igual modo el grupo C integrada por las especies *Ruagea pubescens* y *Nectandra membranacea* son estadísticamente similares, y por último el grupo A en donde solo está la especie *Myrcia fallax* tiene diferencias significativas ($p > 0,05$) con todas las demás especies.

Tabla 8-3: Prueba de Kruskal Wallis para cantidad de poros múltiples de 4 de las cinco especies

Especie	Medias			
<i>Clusia multiflora</i>	0,00	A		
<i>Erythrina edulis</i>	0,00	A		
<i>Myrcia fallax</i>	0,00	A	B	
<i>Ruagea pubescens</i>	28,00		B	C
<i>Nectandra membranacea</i>	46,00			C

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La tabla 8-3, Mediante la prueba de Kruskal Wallis se constata que: entre las especies *Clusia multiflora*, *Erythrina edulis* y *Myrcia fallax* son estadísticamente similares; entre las especies *Myrcia fallax* y *Ruagea pubescens* son estadísticamente similares; entre las especies *Ruagea pubescens* y *Nectandra membranacea* son estadísticamente similares. Por otro lado, las especies *Clusia multiflora*, *Erythrina edulis* y *Myrcia fallax* tienen diferencias significativas con respecto a *Nectandra membranacea*

Tabla 9-3: Prueba de Tukey para cantidad de poros por cm² de las cinco especies

Especie	Medias	n	E.E.		
<i>Erythrina edulis</i>	39,19	27	5	A	
<i>Clusia multiflora</i>	126,3	27	5		B
<i>Nectandra membranacea</i>	163,93	27	5		C
<i>Myrcia fallax</i>	173,74	27	5		C
<i>Ruagea pubescens</i>	216,44	27	5		D

Realizado por: Guanotuña, 2021

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la tabla 9-3, la prueba de Tukey muestra que entre las especies *Erythrina edulis*, *Clusia multiflora* y *Ruagea pubescens* son significativamente diferentes, mientras que, las especies *Nectandra membranacea* y *Myrcia fallax* son estadísticamente similares.

Tabla 10-3: Perímetros (um) de poros de las cinco especies

Especie	Medias	n	E. E	
<i>Ruagea pubescens</i>	45,57	3	0,72	A
<i>Myrcia fallax</i>	51,40	3	0,72	B
<i>Nectandra membranacea</i>	53,67	3	0,72	B
<i>Clusia multiflora</i>	62,37	3	0,72	C
<i>Erythrina edulis</i>	76,03	3	0,72	D

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En el caso de los perímetros de los poros de las cinco especies, en la tabla 10-3, la prueba de Tukey evidencia que entre las especies *Ruagea pubescens*, *Clusia multiflora* y *Erythrina edulis* tienen diferencias significativas. Entre las especies *Myrcia fallax* y *Nectandra membranacea* son estadísticamente similares y diferentes significativamente con las demás especies.

3.2.2. Caracterización organoléptica de las maderas

3.2.2.1. *Clusia multiflora*

La madera de esta especie presenta las siguientes características organolépticas: según la tabla de Munsell la madera es de color naranja 7,5 YR 7/6, el olor de la madera es fragante, el tipo de grano es entrecruzado, el brillo es moderado, el tipo de veteado es jaspeado, textura media y el sabor de la madera es no distintivo. En la figura 16-3, se observa la corteza y las secciones del fuste.



Figura 16-3. a. corteza; b. S. Transversal; c. S. Tangencial; d. S. radial de *Clusia multiflora*

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

3.2.2.2. *Erythrina edulis*

La madera de esta especie presenta las siguientes Características organolépticas: De acuerdo a la tabla de Munsell el color de la madera es Amarillo pálido 2,5 YR 8/3, presenta un olor No distintivo, el grano es recto, el brillo es bajo, el vetado es en bandas paralelas, textura media a gruesa y sabor Ligeramente amargo. En la figura 17-3, se observa la corteza y las secciones del fuste.

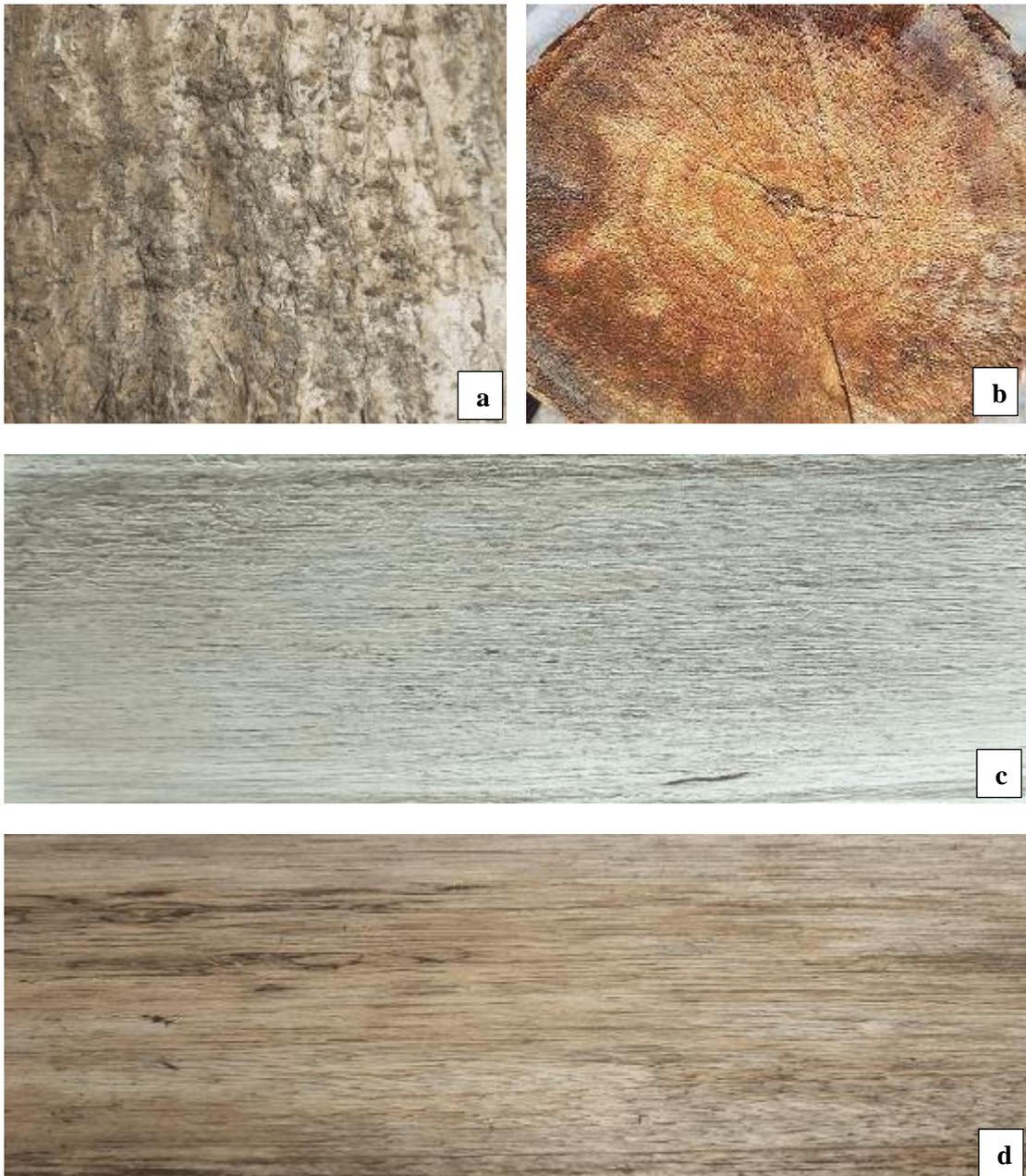


Figura 17-3. a. corteza; b. S. Transversal; c. S. tangencial; d. S. radial de *Erythrina edulis*

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

3.2.2.3. *Myrcia fallax*

La madera de esta especie presenta las siguientes características organolépticas: el color de acuerdo con la tabla de Munsell es Gris claro 7,5 YR 8/2, el olor es Fragante, no comparable con algún olor conocido, el grano es recto, el brillo es mediano, el tipo de vetado es en Arcos superpuestos, la textura es fina y no presenta ningún sabor. En la figura 18-3, se observa la corteza y las secciones del fuste.



Figura 18-3. a. Corteza; b. S. Transversal; c. S. tangencial; d. S. radial de *Myrcia fallax*

Realizado por: Guanotuña, Edison, 2021

3.2.2.4. *Nectandra membranacea*

La madera de esta especie presenta las siguientes características organolépticas: el color de acuerdo con la tabla de Munsell es Amarillo 10 YR 7/6, Olor fragante no comparable con algún olor conocido, el grano es recto, el brillo es Moderado, el veteado es de tipo Arcos superpuestos, la textura es fina y no tiene sabor. En la figura 19-3, se observa la corteza y las secciones del fuste.



Figura 19-3. a. Corteza; b. S. Transversal; c. S. tangencial; d. S. radial de *Nectandra membranacea*

Realizado por: Guanotuña, Edison, 2021

3.2.2.5. *Ruagea pubescens*

La madera de esta especie presenta las siguientes características organolépticas: el Color de acuerdo con la tabla de Munsell es Amarillo claro 10 YR 8/3, presenta olor fragante, el tipo de grano es ondulado, el brillo es bajo, el veteado es de tipo jaspeado, textura media y el sabor es ligeramente amargo. En la figura 20-3, se observa la corteza y las secciones del fuste.



Figura 20-3. a. Corteza; b. S. Transversal; c. S. tangencial; d. S. radial de *Ruagea pubescens*

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Tabla 11-3: Resumen de las características organolépticas de las especies estudiadas

Características organolépticas	<i>Clusia multiflora</i>	<i>Erythrina edulis</i>	<i>Myrcia fallax</i>	<i>Nectandra membranacea</i>	<i>Ruagea pubescens</i>
Color	Naranja 7,5 YR 7/6	Amarillo pálido 2,5 YR 8/3	Gris claro 7,5 YR 8/2	Amarillo 10 YR 7/6	Amarillo claro 10 YR 8/3
Olor	Fragante	No distintivo	Fragante	Fragante	fragante
grano	entrecruzado	Recto	Recto	Ondulado	Ondulado
brillo	moderado	Bajo	Mediano	Mediano	Bajo
veteado	Jaspeado	Bandas paralelas	Arcos superpuestos	Arcos superpuestos, jaspeado	Jaspeado
textura	media	Gruesa	fina	gruesa	media
Sabor	No distintivo	Ligeramente amargo	Sin sabor	Sin sabor	Ligeramente amargo

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

En cuanto a las características organolépticas observadas en este estudio de la madera de la especie *Clusia multiflora*; las características como olor y el sabor son coincidentes con lo hallado por Grande y Polanco (2007: p.184) mientras que las características como la textura (fina) veteado y grano difieren.

Con respecto a la especie *Erythrina edulis* no se encontró estudios de caracterización organoléptica a nivel de especie, sin embargo, a nivel de género coincide con la característica textura, con lo descrito por Tortorelli, 2009; citado en Sprovieri (2016: p.153), quien reporta como de textura media a gruesa, mientras que las características como el grano (recto) y textura (media) son coincidentes con la especie *Erythrina ulei* reportado por Díaz et al. (2019: p. 595-606). Otra especie que tiene características organolépticas en común (brillo bajo y textura gruesa) con la especie *Erythrina edulis* es *Erythrina poeppigiana* (Williams y León, 2014: p.116).

Las características organolépticas: sabor (sin sabor) y textura (fina) de la especie *Myrcia fallax* halladas en este estudio son similares a los hallados por Williams y León (2014: p.187). Mientras que las características como olor (aromático) y brillo (mediano) son iguales a los reportados por

Chamba (2010: p.106). todas las demás características, en ambos estudios, difieren con los hallados en este estudio.

Con respecto a las características organolépticas de la especie *Nectandra membranacea*, López et al. (2014: p.24) Reporta olor distintivo, sabor no distintivo, textura media, brillo alto, veteadado jaspeado, grano entrecruzado, mientras que Gonzales (2013: p.68) reporta olor muy fragante y agradable, sabor ausente. Textura mediana. Grano recto. Lustre medio a alto, en ambos estudios las características como: sabor, olor, coinciden con el presente estudio, mientras que las demás características son diferentes.

En cuanto a las características organolépticas de la especie *Ruagea pubescens*, Meléndez (2012: p.91) menciona que tiene el con grano recto, textura media a fina y color rosado los cuales son completamente diferentes a los hallados en este estudio. La especie con la que tiene en común algunas características es con *Ruagea glabra* (Grande y Polanco 2007: p.189), por ejemplo, olor y textura, mientras que las demás características son diferentes

3.2.3. Caracterización de las densidades de las maderas de las especies en estudio

Tabla 12-3: Densidad en estado seco de las maderas de las cinco especies estudiadas

Especie	Masa (g)	Volumen (cm ³)	Densidad seca (g/cm ³)
<i>Clusia multiflora</i>	5,32	7,93	0,67
<i>Erythrina edulis</i>	3,68	9,63	0,38
<i>Myrcia fallax</i>	5,19	6,91	0,75
<i>Nectandra membranacea</i>	3,84	8,03	0,48
<i>Ruagea pubescens</i>	4,25	7,16	0,59

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

De acuerdo a la clasificación de densidad propuesto por Viscarra (1998 citado en Rivera, 201: p.14), se determina lo siguiente; las especies *Erythrina edulis* y *Nectandra membranacea* corresponde a una madera de baja densidad, la especie *Ruagea pubescens* corresponde a una madera de densidad media, mientras que las especies *Clusia multiflora* y *Myrcia fallax* corresponden a una madera de alta densidad. De manera general, en la tabla 12-3 se evidencia que los valores de la densidad seca de las cinco especies oscilan de 0,38 g/cm³ a 0,75 g/cm³.

Tabla 13-3: Densidad en estado verde de las maderas de las cinco especies estudiadas

Especie	Masa (g)	Volumen (cm ³)	Densidad verde (g/cm ³)
<i>Clusia multiflora</i>	7,25	8,16	0,89
<i>Erythrina edulis</i>	6,81	6,83	0,99
<i>Myrcia fallax</i>	7,34	8,43	0,87
<i>Nectandra membranacea</i>	5,90	8,54	0,69
<i>Ruagea pubescens</i>	6,38	7,80	0,82

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

Las densidades en estado verde difieren completamente de las secas. La especie *Erythrina edulis* tiene el valor de densidad verde más alto tal como se muestra en la tabla 13-3, a pesar de que el valor de la densidad seca fue la más baja, como se observa en la tabla 12-3.

Las maderas de baja densidad también son consideradas como maderas livianas, por lo tanto, la madera de la especie *Erythrina edulis* entra en esta categoría de acuerdo con Tortorelli, 2009; citado en UMSA (2016: p.153). Por otro lado Chave et al. (2009) reporta los siguientes valores de densidad; de 0,22 g/cm³ para *Erythrina edulis* y 0,82 g/cm³ para *Myrcia fallax*, mientras que a nivel de género, reporta valores de 0,59 g/cm³ y 0,60 g/cm³ para *Nectandra* y *Clusia* respectivamente; otra especie del género *Erythrina* específicamente *Erythrina ulei* tienen de densidad básica 0,29 gr/cm³ según Díaz et al. (2019: p.595-606), quien cataloga también como una madera blanda. Los valores de densidad reportados en el estudio de Chave y Diaz difieren con los hallado en este estudio, además que Chave no detalla las condiciones en las que fueron evaluada las densidades, a pesar de eso los valores son muy próximos a los encontrados en este estudio. Otro estudio realizado por Chamba (2010: p.106) reporta un valor de 0,68 g/cm³ en estado seca al horno para la especie *Myrcia fallax*.

3.3. Determinación del pH de las muestras maderables de las especies en estudio

En este apartado se muestran los resultados del tercer objetivo: Determinar el pH de las muestras maderables de las cinco especies.

Tabla 14-3: pH de las maderas comparada con pH de referencia de agua destilada (7)

Especies	Aserrín (g)	Agua destilada (mL)	pH madera	Rango en Escala de pH
<i>Clusia multiflora</i>	20	77	5,24	ligeramente ácido
<i>Erythrina edulis</i>	20	110	6,94	Neutro
<i>Myrcia fallax</i>	20	80	5,48	ligeramente ácido
<i>Nectandra membranacea</i>	20	160	5,82	ligeramente ácido
<i>Ruagea pubescens</i>	20	100	6,32	ligeramente ácido

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

En la tabla 14-3, Se observa la variación de los mL de agua destilada que se requirió, en función de cada especie, a pesar de que la cantidad de sustrato es el mismo, la explicación a este fenómeno podría ser el tamaño de las partículas de madera de cada especie.

En la tabla 14-3, se observa los valores del pH de la madera de cada una de las especies; las maderas de las especies *Clusia multiflora*, *Myrcia fallax*, *Ruagea pubescens* y *Nectandra membranacea*, en la escala de pH se ubican en el rango de ligeramente ácido, mientras que la madera de la especie *Erythrina edulis* se ubican en un pH neutro.

Según Geffert, Geffertova y Dudiak (2019: p.6) Todas las especies de madera tienen un pH y la mayoría de las especies son naturalmente ácidas, y la gran mayoría tiene un pH entre 4.0 y 5.5. Los valores de pH de varias especies arbóreas de la zona templada oscilan entre 3,3 y 6.4. Las especies de árboles tropicales son de un ácido débil o una base débil que van de 3,7 a 8,2. Por supuesto, hay ejemplos de especies fuertemente ácidas como el abeto de Douglas, con un valor de pH de 3,3, y especies alcalinas como especie arbórea africana *Dalbergia melanoxylon* Guill.; *Terminalia superba* Engl. & Diels, con el pH valor de 8,0 y 8,2. Dicho esto, todos los valores de pH de los maderas hallados en este estudio están dentro del rango 5,24 y 6,94 por lo tanto encajan en el rango de valores de pH para las especies tropicales mencionadas por Geffert, Geffertova y Dudiak, es decir son de ácido débil.

Tabla 15-3: Resumen cuantitativo de las características físicas y químicas de las maderas de las cinco especies

Especie	Poros por cm²	Perímetro de poros (um)	Densidad seca (g/cm³)	Densidad Verde (g/cm³)	pH
<i>Clusia multiflora</i>	126,3	62,37	0,67	0,89	5,24
<i>Erythrina edulis</i>	39,19	76,03	0,38	0,99	6,94
<i>Myrcia fallax</i>	173,74	51,40	0,75	0,87	5,48
<i>Nectandra membranacea</i>	163,93	53,67	0,48	0,69	5,82
<i>Ruagea pubescens</i>	216,44	45,57	0,59	0,82	6,32

Realizado por: Guanotuña, Edison. 2021

CONCLUSIONES

Las cinco muestras botánicas fueron identificadas hasta especie. Todas las especies que conforman el presente estudio pertenecen a diferentes familias y géneros, todas tienen en común el hábito arbóreo. Las características dendrológicas de las especies descritas en este estudio coinciden con las descritas por otros autores en diferentes localidades. La distribución altitudinal y el tipo de ecosistema en las que las especies del presente estudio fueron encontradas, también son coincidentes con los reportes de otros estudios, sobre todo en Ecuador.

Tres de las maderas de las especies que conforman este estudio, tienen estudios anatómicos previos, lo cual permitió establecer semejanzas y diferencias entre sus características. En cuanto a las diferencias entre sus características anatómicas podrían atribuirse a las condiciones ambientales y a las localidades en las que fueron colectadas. Las dos especies restantes que no cuentan con estudios previos fueron comparadas a nivel de género y se podría asumir que el presente estudio es el primero.

En la caracterización organoléptica se observó la presencia de anillos de crecimiento en todas las especies en estudio, a pesar de que en las especies *Clusia multiflora*, *Erythrina edulis*, y *Ruagea pubescens* no se observó durante la caracterización anatómica con tintes.

Las características dendrológicas, anatómicas y organolépticas de las cinco especies son diferentes en al menos una característica, estadística y cualitativamente. En cuanto a la densidad, las cinco especies tienen diferentes valores. Cuatro especies comparten el mismo rango en la escala de pH, mientras que solo una especie difiere de todas. En conclusión, se acepta la hipótesis alternante: Las propiedades físicas y químicas de la madera de las cinco especies forestales estudiadas son diferentes en al menos una característica.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios comparativos de anatomía de la madera entre el fuste y las ramas de una misma especie, para comprobar la variación de las dimensiones de los elementos anatómicos.

Al realizar este tipo de estudios se recomienda la utilización de equipos especializados, por ejemplo; microscopios con cámaras integradas de alta resolución para la observación de elementos anatómicos a mayor detalle, productos químicos que faciliten el corte de las muestras vegetales en capas muy finas.

Se recomienda realizar un estudio de factibilidad para la creación de un laboratorio de anatomía de la madera que provea servicios de identificación de maderas a partir de las características anatómicas, ya que la existencia de laboratorios especializadas en identificación de maderas resultaría útil en los controles de transporte y comercialización de maderas que son de aprovechamiento condicionado o especies en peligro de extinción.

Se recomienda evaluar el pH de las maderas del presente estudio, con un método diferente a lo descrito en este estudio.

GLOSARIO

Célula envolvente: Es una serie de células erectas en las márgenes de las células procumbentes de un radio multiseriado, que tienden a formar una envoltura alrededor de éstas, según se ve en la sección tangencial (INEN, 2013: p. 3).

Célula procumbente de los radios: Es la célula de los radios, cuyo eje mayor se extiende en sentido radial (INEN, 2013: p. 3).

Conducto gomífero. Es el canal intercelular que contiene goma (INEN, 2013: p. 3).

Estratificado: Es el término que se emplea en relación con las células axiles y con los radios del leño, cuando éstos se encuentran dispuestos en series horizontales, según se puede observar en las superficies tangenciales (INEN, 2013: p. 3).

Fibra: Es el término de conveniencia que se emplea en relación con cualquier célula larga y delgada del leño o de la corteza interna, que no sea un vaso o un parénquima (ver Nota 6). Célula alargada y estrecha (o grupo de células) de la que está compuesta fundamentalmente la madera (INEN, 2013: p. 3).

Fibrotraqueída: Es la traqueida fibriformes; comúnmente de pared gruesa y lumen reducido, extremos puntiagudos y pares de puntuaciones areoladas, con aperturas que varían desde lenticulares hasta alargadas y muy angostas. Este término puede ser empleado tanto en relación con las traqueidas del leño tardío de las gimnospermas, como con las traqueidas fibriformes de las angiospermas leñosas (INEN, 2013: p. 3).

Parénquima: Es el tejido constituido por células cuya forma es típicamente la de un ladrillo o isodiamétrica, que presenta puntuaciones simples. En el leño puede ser originadas por las iniciales fusiformes del cambium, con posteriores divisiones transversales de las células hijas (parénquima axil), o por las iniciales de los radios (parénquima de los radios) (INEN, 2013: p. 3).

Parénquima paratraqueal: Es el parénquima axil asociado con los vasos o con las traqueidas Vasculares (INEN, 2013: p. 3).

Punteaduras intervascuales: Es el término que, según el sentido en que se lo emplee, refiérase a dos conceptos de distinta extensión. En sentido amplio, refiérase al punteado entre dos elementos traqueales, cualquiera que éstos sean, y en sentido más restringido, en anatomía de maderas, refiérase únicamente al punteado entre dos elementos vasculares (INEN, 2013: p. 3).

Propiedades Organolépticas: Las características organolépticas de la madera son aquellas que pueden ser percibidas por los órganos sensoriales. Entre éstas se incluyen: color, sabor, olor, grano, textura, brillo y veteado (Gonzales, 2008: p.16).

Radio agregado: Es el grupo de radios leñosos pequeños y angostos que, a simple vista y observados con lente de poco aumento, dan la impresión de ser un solo radio de bastante ancho (INEN, 2013: p. 3).

Radio multiseriado: Es el radio de dos o más células de ancho, según se puede observar en la sección tangencial (INEN, 2013: p. 3).

Radio uniseriado: Es el radio de una sola célula de ancho, según se puede observar en la sección tangencial (INEN, 2013: p. 3).

Traqueida. Es la célula del leño no perforada, que presenta puntuaciones areoladas hacia los elementos congéneres (INEN, 2013: p. 3).

BIBLIOGRAFÍA

AGILA, S., et al. “Propiedades físicas y características anatómicas de la madera de tres especies de Guayacán al sur de Ecuador”. *Bosques Latitud Cero* [en línea], 2018, (Ecuador) 8(2), pp. 1-15. ISSN 1390-3683. Disponible en: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/490/385>.

AGUILAR, D. “¿Qué es un árbol?”. *Biología tropical* [en línea], 2019, (Costa Rica). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/334138836_Que_es_un_arbol.

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

AGUILAR, S. y CASTRO, B. “Anatomía de la madera de doce especies del bosque mesófilo de montaña del Estado de México”. *Madera y Bosques* [en línea], 2006 (México) 12(1), pp. 95-115. ISSN 1405-0471. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v12n1/2448-7597-mb-12-01-95.pdf>

AGUIRRE, J., et al. *Basic and Applied Concepts of Edible Packaging for Foods* [Online]. United States: Elsevier Inc. 2018. Available in: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-811516-9/00001-4>.

AGUIRRE, Z. *Dendrología del sur del ecuador*. Loja-Ecuador: Universidad Nacional de Loja. 2012. pp.1-75

ALCIBAR, E. *Introducción al conocimiento de la madera* [en línea]. Madrid-España: 2014. Disponible en: https://mapexuniondelamas.com/wp-content/uploads/conocimiento_madera.pdf.

ALFIERI, P. Control del deterioro de la madera mediante la acción de nano-impregnantes y recubrimientos sol-gel a base de silanos [en línea] (Trabajo de titulación). (Doctoral) Universidad Nacional de La Plata, Facultad de ciencias Agrarias y Forestales. (La Plata-Argentina). 2018. pp.1-184. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/66389%0Ahttp://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/madera.pdf>.

ALTURKISTANI, H., TASHKANDI, F. y MOHAMMEDSALEH, Z. “Histological Stains: A Literature Review and Case Study”. *Global journal of health science* [Online], 2015, (Saudi Arabia) 8(3), pp. 72-79. [Consultation: 3 March, 2021]. ISSN 19169736. Available in: <http://dx.doi.org/10.5539/gjhs.v8n3p72>.

ALVARADO, C. y ENCALADA, D. Estudio Fenológico, Análisis Y Almacenamiento De Semillas, De Seis Especies Forestales Nativas En Bosque Tropical Montano, Potenciales Para La Reforestación En La Estación Científica San Francisco (Ecsf) [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad Nacional De Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Escuela de Ingeniería Forestal. (Loja-Ecuador). 2010. pp.1-104. Disponible en: [http://dspace.unl.edu.ec:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4343/ARELLANO Washington - Jimenez Galo.pdf?sequence=1](http://dspace.unl.edu.ec:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4343/ARELLANO%20Washington%20-%20Jimenez%20Galo.pdf?sequence=1).

ARECHAGA, H. Determinación de las Propiedades Físicas en el Fuste y Ramas de la Especie Carahuasca (*Guatteria hyposericea* Diels) en Tingo María [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Departamento Académico de Ciencias de los Recursos Naturales Renovables (Tingo María–Perú). 2009. pp.1-82. Disponible en: <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/242/FIA-164.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ARMIJOS, A. Evaluación anatómica de 50 especies forestales en el sur del ecuador (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Foresta. (Loja-Ecuador). 2019. pp.1-159.

ARÓSTEGUI, A. “Descripción propiedades físico-mecánicas y usos de las maderas del Perú”. *Revista Forestal del Perú*, vol. 4, n°1 (1970), (Perú) pp. 13.

BAJPAI, P. *Wood Fiber Anatomy and Identification. Biermann's Handbook of Pulp and Paper.* Kampur-India: Elsevier, 2018, pp. 209-214.

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

BARRANTES, G., CHAVES, H. y VINUEZA, M. *El Bosque en el Ecuador, una visión transformada para el desarrollo y la conservación* [en línea]. Quito-Ecuador: COMAFORS, 2016, Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Infografias-INEC/2018/Estructural_Empresarial.pdf.

BARRERA, N. *Árbol de chachafruto* [en línea]. Palmira-Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 1998, Disponible en: [http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4913/2/Arbol de chachafruto.pdf](http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4913/2/Arbol_de_chachafruto.pdf).

BARRERA, N. y MEJÍA, M. *Chachafruto, pasado, presente y futuro*. 2ª ed. Bogotá-Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 1980, pp. 1-18

BOND, J., et al “Safranine fluorescent staining of wood cell walls”. *Biotechnic and Histochemistry* [Online], 2008, (New Zealand) 83(3-4), pp. 161-171. [Consulta: 3 March 2021]. ISSN 10520295. Available in: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10520290802373354?journalCode=ibih20>.

BONILLA, A. Caracterización de los pigmentos antocianos en los primordios foliares de *Miconia biappendiculata* Y *Clusia multiflora* de un bosque andino (Trabajo de titulación). (Grado) Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Carrera de Biología. Bogotá, Colombia. 2002. pp. 1-104.

BRAVO, E. *La biodiversidad en el Ecuador* [en línea]. Cuenca-Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2014. Disponible en: <http://marefateadyan.nashriyat.ir/node/150>.

BREWER, G. *Taxonomy : An Introduction to Classification* [Online]. USA: [no date]. Available in: [https://agnrgroups.umd.edu/sites/agnrgroups.umd.edu/files/_docs/master-naturalist/MN-Unit 2 Tax.pdf](https://agnrgroups.umd.edu/sites/agnrgroups.umd.edu/files/_docs/master-naturalist/MN-Unit_2_Tax.pdf).

CARANQUI, J. *Manual de operaciones herbario politécnico* [en línea]. Riobamba-Ecuador: CHEP, 2011. [Consulta: 15 enero 2021]. Disponible en: http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/504/1/Manual_Procedimiento_Herbario1.pdf.

CARDENAS, S.E. “El Pajuro (*Erythrina edulis*) alimento andino en extinción”. *Investigaciones sociales* [en línea], 2012, (Perú) 16, pp. 97-104. Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/sociales/article/viewFile/7389/6452>.

CARLQUIST, S. “Ecological factors in wood evolution: a floristic approach”. *American Journal of Botany*, vol. 64, n° 7 (1997), (United States Of America) pp. 887-896.

CARRERAS, R. *Las maderas en los objetos aborígenes cubanos*. Habana-Cuba: Instituto de investigaciones forestales, 2009. pp. 1-70.

CASTILLO, A. *Manual Dendrológico de las principales especies de interés comercial actual y potencial de la zona del Alto Huallaga* [en línea]. Lima-Perú: Cámara Nacional Forestal, 2010. Disponible en: <http://www.cnf.org.pe/enero011/MD.pdf>.

CBD. *What is Taxonomy?* [en línea]. 2010, [Consulta: 12 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.cbd.int/gti/taxonomy.shtml>.

CEP. *Legislación Forestal*. Quito-Ecuador: Corporación de Estudios y Publicaciones, 2019. ISBN 9978-86-378-8.

CHAMBA, H. “Anatomía macroscópica y algunas características físicas de siete especies maderables de pie de monte de la zona alta de la cuenca del Rio Puyango”. *Revista Ecológica Forestal* [en línea], 2010, (Ecuador) 1(1), pp. 100-111. Disponible en: <http://dspace.unl.edu.ec:8080/xmlui/handle/123456789/327>.

CHAVE, J., et al. “Towards a worldwide wood economics spectrum”. *Ecology Letters*, vol. 12, n° 4 (2009), (France) pp. 351-366.

CONNERS, T. *Wood: Ultrastructure. Encyclopedia of Materials: Science and Technology*. Elsevier, 2001. pp. 9751-9759.

COPANT. Descripción de características organolépticas, macroscópicas y microscópicas de la madera. 1974, vol. 30, pp. 119.

CORONEL, E. "Variación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de especies nativas y cultivadas en el chaco argentino”. *Quebracho*, n° 2 (1994), (Argentina) pp. 14-20.

COVENIN. *Norma Venezolana madera COVENIN 320-90* [en línea]. Caracas-Venezuela, Disponible en: <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/2500-93.pdf>.

CRISTOVAO, L. Machining properties of wood Tool wear, cutting force and tensioning of blades [online] (Trabajo de titulación). (Doctoral). Luleå University of Technology, Division of Wood Science and Technology, Department of Engineering Sciences and Mathematics. (Skellefteå-Sweden). 2013. pp.1-144. Disponible en: <http://swepub.kb.se/bib/swepub:oai:pure.atira.dk:publications/c98ad54d-9908-4da2-b762-0c0aaad0c240?tab2=abs&language=en>

CURY, G. y FILHO, M.T. “Descrição Anatômica de Espécies de Madeira Utilizadas na Construção Civil”. *Floram*, vol. 18, n°. 3 (2011), (Brasil) pp. 227-236.

DE LA TORRE, L., et al. *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador (con extracto de datos)* [en línea]. Quito-Ecuador: Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador & Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus, (2008) Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/310828407_Enciclopedia_de_las_Plantas_Utiles_del_Ecuador.

DÍAZ, A., et al. “Anatomía y propiedades físicas de la madera de dos especies del departamento de Puno”. *Arnaldoa*, vol. 26, n°2 (2019), (Perú) pp. 595-606.

DUEÑAS, H. y NIETO, C. *DENDROLOGÍA TROPICAL: Caracterización dendrológica de las principales Especies forestales de la amazonia Peruana* [en línea]. Puerto Maldonado-Perú: UNAMAD, 2010. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Hugo_Duenas_Linares/publication/309676533_DENDROLOGIA_TROPICAL_ESTUDIO_Y_CHARACTERIZACION_DENDROLOGICA_DE_LAS_PRINCIPALES_ESPECIES_FORESTALES_DE_LA_AMAZONIA_PERUANA/links/581d284408aeccc08aeb5d4/DENDROLOGIA-TROPICAL-ES.

FAO. *Glosario de términos*. [en línea]. 2015, [Consulta: 15 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/j5484s/j5484s12.htm#TopOfPage>.

FULWEILER, R.W., et al. “Does elevated CO₂ alter silica uptake in trees?”. *Frontiers in Plant Science*, vol. 5, (2015), (United States Of America) pp. 1-7.

FURNESS, M. y DICK, C. *Air drying of timber Information Pack. Center* [en línea], Forests Products Research, 2009, Available in: http://www.chilternsaonb.org/uploads/files/AboutTheChilterns/Woodlands/Air_Drying_of_Timber.pdf.

GADMULTITUD. *Relieve y fisiografía* [en línea]. 2021. [Consulta: 17 abril 2021]. Disponible en: <http://www.gadmultipud.gob.ec/la-parroquia/biofisico-ambiental/relieve-y-suelos.html>.

GEFFERT, A., GEFFERTOVA, J. y DUDIAK, M. “Direct method of measuring the pH value of wood”. *Forests*, vol. 10, n°. 10 (2019), (Slovakia) pp. 6-10.

GIMENEZ, A., et al. *Anatomía de la madera*. 2 ed. Santiago del Estero-Argentina: Universidad Nacional de Santiago del Estero. 2002. ISBN 978-987-1676-08-8. pp.1-88.

GONZALES, E. *Identificación organoléptica y macroscópica de maderas comerciales*. Lima-Perú: 2008. pp.1-40.

GONZALES, I. *Atlas de maderas Selva Central* [en línea]. Huancayo-Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. 2013. Disponible en: https://issuu.com/nicanorebook/docs/atlas_de_maderas_ebook.

GRANDE, D. y POLANCO, C. “Descripción anatómica de la madera de cuarenta especies del bosque alto-andino en Guasca, Cundinamarca”. *Colombia Forestal* [en línea], 2007, (Colombia) 10(20), pp. 181-206. ISSN 2256-201X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4239/423939610011.pdf>.

GUEVARA, D. Inventario y caracterización agronómica de especies y variedades frutícolas introducidas en la provincia de Loja [en línea] (Trabajo de titulación) (Grado) Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Agronómica. (Loja-Ecuador). 2015. pp. 1-187. Disponible en: [file:///C:/Users/ASUS/Downloads/TESIS BIBLIOTECA FRUTALES ONE.pdf](file:///C:/Users/ASUS/Downloads/TESIS%20BIBLIOTECA%20FRUTALES%20ONE.pdf).

HERDT, S. y MELO, J.. “Anatomia sistemática e ecológica da madeira de *Nectandra* Rol. ex Rottb. (Lauraceae)”. *Balduinia*, n°. 54 (2016), (Brasil) pp. 11-21.

IAWA. “IAWA List of Microscopic Features for Hardwood Identification”. *Feddes Repertorium*, vol. 101, n°. 11-12, (2008), (Países Bajos) pp. 1-166.

INIA y OIMT. *Manual de identificación de especies forestales de la subregión andina* [en línea]. Lima-Perú: Ministerio de Agricultura, 1996. Disponible en: <http://infobosques.com/portal/biblioteca/manual-de-identificacion-de-especies-forestales-de-la-subregion-andina/>.

ITTO. *Productos forestales no maderables etnobotánica*. Antioquia-Colombia: 2006. ISBN 9788578110796, pp. 1-50

INEN. *Anatomía de la madera. Terminología*. Quito-Ecuador: 2013.

JØRGENSEN, P.M. y ULLOA, C. *Seed plants of the high Andes of Ecuador*. Quito-Ecuador: 1994.

KATINAS, L. *El Herbario: significado, valor y uso*. La Plata-Argentina: Facultad de Ciencias Naturales y Museo-UNLP. 2001. ISBN 1515-9329.

KOZŁOWSKI, T.T. y PALLARDY, S.G. *Vegetative Growth*. Valencia-España: Elsevier, 1997. pp. 34-67

LARCHWOOD. *Silica in Wood*. [en línea]. 2019. [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.larchwoodcanada.com/blog/kitchen-cutting-boards/silica-in-wood/>.

LEDESMA, N., ZIRPOLO, J. y MOGLIA, J. *Guía de trabajos prácticos de dendrología* [en línea]. Santiago del Estero-Argentina.: Universidad Nacional de Santiago del Estero, 2019. Disponible en: <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-41-Dendrologia-ZIRPOLO.pdf>.

LEÓN, W. y ESPINOZA, N. *Anatomía de la madera* [en línea]. Mérida-Venezuela: Universidad de los Andes, 2016. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/44368335>

LÓPEZ, J. *Anatomía de plantas cultivadas*. Ciudad de México-México: Facultad de Ciencias Agrícolas, 2003. pp.1-286

LÓPEZ, R. y MONTERO, M. *Manual de identificación de especies forestales con manejo certificable por comunidades* [en línea]. Bogotá-Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, 2005. Disponible en: <https://books.google.com/books?id=CHkbMwAACAAJ&pgis=1>

LÓPEZ, R., et al. *Maderas. Especies comercializadas en el territorio CAR: Guía para su identificación* [en línea]. Cundinamarca-Colombia: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2014. Disponible en: <http://sie.car.gov.co/handle/20.500.11786/35771#page=1>.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2013. *Sistema de clasificación de ecosistemas del Ecuador Continental*. Quito-Ecuador: Subsecretaría de Patrimonio Natural. 2013. pp. 1-235

MARC, F. *What is a Herbarium*. Florida museum [en línea]. 2016, [Consulta: 13 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.floridamuseum.ufl.edu/science/what-is-a-herbarium/>.

MELÉNDEZ, V. *Inventario y Estudio de la Estructura Arbórea del Bosque Natural en la hacienda “el porvenir”, sector el morado, cantón Guaranda Provincia Bolívar (Trabajo de titulación)*. (Grado) Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Escuela de Ingeniería Agroforestal. (Guaranda-Ecuador). 2012. pp. 1-223.

MOGLIA, J.G. y LOPEZ, C.R. “Variabilidad radial de algunos caracteres anatómicos de *Aspidosperma quebracho blanco*”. *Bosque* [en línea], 2001, (Argentina) 22, pp. 3-14. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/290458084_Variabilidad_radial_de_algunos_caracteres_anatomicos_de_Aspidosperma_quebracho_blanco.

MORRIS, H., et al. “A global analysis of parenchyma tissue fractions in secondary xylem of seed plants”. *New Phytologist*, vol. 209, n° 4 (2016), (Londres) pp. 1553-1565.

MUÑOZ, M. *Importancia del pH: Salud, Rendimiento Deportivo y Nutrición*. [en línea]. 2018. [Consulta: 28 abril 2021]. Disponible en: <https://www.hsnstore.com/blog/salud-y-belleza/buenos-habitos/que-es-el-ph/>.

NAVARRO, M., et al. “Características tecnológicas de la madera de palo morado (*Peltogyne mexicana* Martínez) de tierra colorada, Guerrero, México”. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* [en línea], 2005, (México) 11, pp. 73-74. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/629/62911110.pdf>.

NOGUEIRA, E.M., NELSON, B.W. y FEARNside, P.M. “Wood density in dense forest in central Amazonia, Brazil”. *Forest Ecology and Management*, vol. 208, n° 1-3 (2005), (Brasil) pp. 261-286.

NPS. *Curatorial Care of Wooden Objects*. United States Of America: Museum, 2002. pp. 30.

PEÑA, J. “La importancia de la dendrología en la carrera profesional del ingeniero forestal”. *Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina*. [en línea], 2013, (Perú) Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/256438997_LA_IMPORTANCIA_DE_LA_DENDROLOGIA_EN_LA_CARRERA_PROFESIONAL_DEL_INGENIERO_FORESTAL.

PEREZ, C. y QUINTANAR, A. “Características anatómicas de la madera de cinco especies delestado de Jalisco”. *Acta Botánica Mexicana*, n° 27 (1994), (México) pp. 75-87.

PUERTAS, P., GUEVARA, C. y ESPINOZA, M. *Manual de transformación de la madera*. Pucallpa, Lima-Perú: AIDER, 2013. pp. 1-122

RBGE. What is a herbarium. *Royal Botanic Garden Edinburgh* [en línea]. 2019. [Consulta: 13 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.rbge.org.uk/science-and-conservation/herbarium/>.

RIKI, SOTANDE, AND OLUWADARE. “Anatomical and Chemical Properties of Wood and Their Practical”. *Journal of Research in Forestry, Wildlife & Environment*, vol. 11, n°. 3, (2019), (Nigeria) pp. 358-368.

RIVERA, J. Variación del contenido de humedad y cambio dimensional en diferentes alturas de fuste de Bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart.) en la zona Tingo María (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables. (Tingo María-Perú). 2014. pp. 1-94.

RODRÍGUEZ, R., et al. “Características anatómicas , físico-mecánicas y de maquinado de la madera de mezquite (*Prosopis velutina* Wooton)”. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, Vol. 6, n° 28 (2015), (México) pp. 156-173.

SALVADOR, M. 2010. *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: AIDER, 2010. Disponible en: [http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2929/Technical/Technical report - Protocolo para la seleccion de muestras \(2010\).pdf?fbclid=IwAR1-M0kRzRzF0HPiIXBLDGdiYqZNlmZ-hwrw4r1FXeINee1WG_Pio5VnMJE](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2929/Technical/Technical%20report%20-%20Protocolo%20para%20la%20seleccion%20de%20muestras%20(2010).pdf?fbclid=IwAR1-M0kRzRzF0HPiIXBLDGdiYqZNlmZ-hwrw4r1FXeINee1WG_Pio5VnMJE).

SCBT. Astra Blue CAS 82864-57-1. *Santa Cruz Biotechnology* [en línea]. 202. [Consulta: 4 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.scbt.com/es/p/astra-blue-82864-57-1>.

SPAVENTO, E., KEIL, G. y MONTEOLIVA, S. *Propiedades físicas de la madera*. La Plata-Argentina: Universidad Nacional la Plata, 2008. pp. 1-29.

SPROVIERI, M. 2016. “Importancia de la identificación de la madera en vasos ceremoniales incas de la colección la paya (valle calchaquí, noroeste de argentina)”. *Conceptos*, vol. 496 (2016), (Argentina) pp. 139-166.

TORO, J. *Árboles de las montañas de Antioquia* [en línea]. Antioquia-Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales y Ecología, 2012. Disponible en: <http://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/Lists/AdministrarContenidos/EditForm/ArbolesWeb.pdf>.

VALENCIA, S. y VARGAS, J. “Método empírico para estimar la densidad básica en muestras pequeñas de madera”. *Madera y Bosques*, vol. 3, n° 1 (2016), (México) pp. 81-87.

VALLEJO, P. y ZAMBRANO, J. *Física vectorial 2*. 8^{va} ed. Quito-Ecuador: Rodin. 2011. pp. 2-225

VÁSQUEZ, Á. y RAMÍREZ, A. 2011. *Curso de anatomía e identificación de maderas*. Medellín-Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2011. pp. 1-70.

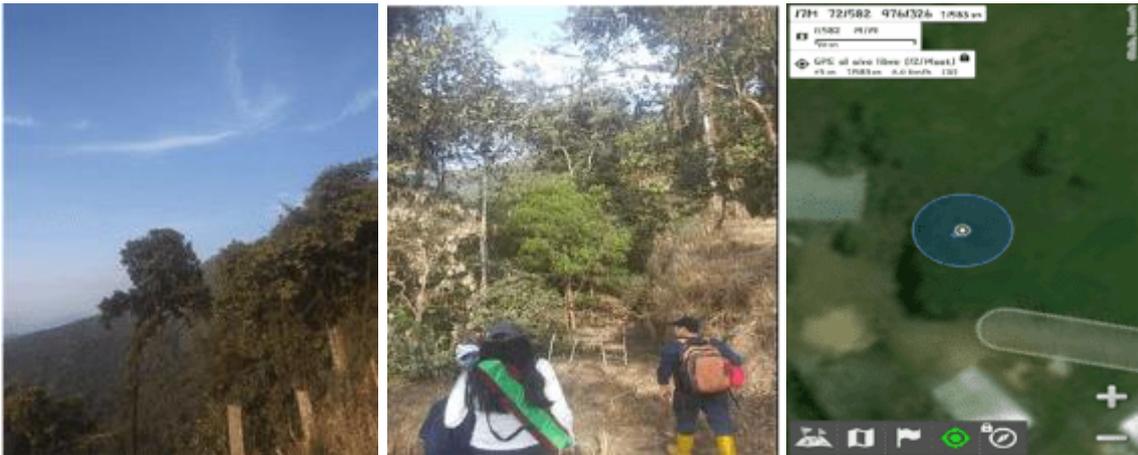
VASQUEZ, M., LARREA, M. y SUAREZ, L. 2000. *Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates*. Quito-Ecuador: AH, 2000. ISBN 9978416382, pp. 2-57.

VILLALOBOS, M. Tratamiento taxonómico de Meliaceae (*Cabralea, Cedrela, Guarea, Ruagea, Swietenia*) en la región Madidi, Bolivia [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Agronómica. (La Paz-Bolivia). 2011. pp. 2-138. Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/10067>.

WILLIAMS, J. y LEÓN, H. 2014. “Anatomía de Maderas de 108 Especies de Venezuela”. *Revista Pittieria*, vol. 0, n°. 0 (2014), (Venezuela) pp. 1-380.

WILSON, P. “The Meaning of «tree»”. *The Arb Magazine* [en línea], 2014, 166, pp. 32. ISSN 00138274. DOI 10.2307/805411. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/280110870_The_meaning_of_'tree'.

ANEXO C: Zona de recolección de muestras



ANEXO D: Colecta de muestras dendrológicas



ANEXO E: Colecta de muestras maderables



ANEXO F: Secado y prensado de las muestras dendrológicas



ANEXO G: Permiso de investigación otorgado por el MAE

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y AGUA

AUTORIZACIÓN DE RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA No. 971

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

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

2.- CÓDIGO

MAAE-ARSFC-2020-0971

3.- DURACIÓN DEL PROYECTO

FECHA INICIO	FECHA FIN
2021 02 28	2021 08 26

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.I/Pasaporte	Nombres y Apellidos	Nacionalidad	Nº REGISTRO SENESCYT	EXPERIENCIA	GRUPO BIOLÓGICO
0602668772	SALAZAR CASTAÑEDA EDUARDO PATRICIO	Ecuatoriana	1014-16-86077669	Docente Investigador	Magnoliopsida
1710552835	CARPIO COBA CARLOS FRANCISCO	Ecuatoriana	7451R 14 15432	Docente Investigador	Magnoliopsida

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

Nombre del Proyecto: Caracterización de las propiedades físicas y químicas de la madera de cinco especies forestales procedentes de la parroquia Multitud cantón Alausí provincia de Chimborazo.

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

Caracterizar 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
Magnolopsida	Fabales	Fabaceae	NA	NA	hojas, flores, fruto	2	
Magnolopsida	Malpighiales	Clusiaceae	NA	NA	hojas, flores, fruto	1	
Magnolopsida	Malpighiales	Hypericaceae	NA	NA	Hojas, flores, fruto	1	
Magnolopsida	Laurales	Lauraceae	NA	NA	Hojas, flores, fruto	2	
Magnolopsida	Sapindales	Meliaceae	NA	NA	Hojas, flores, fruto	2	

10.- METODOLOGÍA APLICADA EN CAMPO

FASE DE RECOLECCIÓN:	Recorrido por la zona de estudio, geolocalización del sitio de estudio y de los individuos de los cuales se obtendrá la muestras, identificación de los nombres comunes, recolección de las muestras botánicas, transporte de las muestras.
FASE DE PRESERVACIÓN:	Selección de los mejores ejemplares recolectados, prensado de las muestras, secado al aire libre de las muestras, montaje y tipificación taxonómica en el herbario.

11. METODOLOGÍA APLICADA EN LABORATORIO

MÉTODOS EMPLEADOS EN EL LABORATORIO:	Ablandamiento de las muestras de madera, cortes histológicos de las muestras, tinción de los cortes histológicos con Astra blue y safranina para apreciar la anatomía de la madera de las especies en estudio.
---	--

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

Grupo Biológico a Recolectar	Descripción	Tipo de Equipamiento
Magnoliopsida	MICROTOMO, AUTOCLAVE, BALAZA DIGITAL, PH METRO, MICROSCOPIO	Equipo en Laboratorio
Magnoliopsida	GPS, CÁMARA	Equipo en Campo
Magnoliopsida	TUBOS FALCON, CAJAS PETRI, PIPETAS PASTEUR, PAPEL TOALLA, PINZAS, ALCOHOL, PLACAS PORTAOBJETOS.	Material en Laboratorio
Magnoliopsida	BOTAS, CUARNTES DE HULE, TUJERAS, SACOS DE YUTE, PIOLAS, PAPEL Y MARCADORES PARA ROTULAR, PAPEL PERIÓDICO	Material en Campo

13.- COLECCIONES NACIONALES DEPOSITARIAS DEL MATERIAL BIOLÓGICO

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

14.- RESULTADOS ESPERADOS

Se espera la identificación taxonómica hasta la especie de cada una de las 5 especies a recolectar, se espera describir la anatomía de la madera de las 5 especies, sus densidades y el pH.

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 sustenten el cambio de la matriz productiva	Mediante este estudio, se pretende conocer las propiedades físicas y químicas de de 5 especies forestales con lo cual se contribuirá a dar un uso específico de las maderas sin sobreexplotar a una sola especie, contribuyendo al uso sostenible.

DE ACUERDO A LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES

1. Solicitud de: **GUANOTUÑA GUANOTUÑA EDISON ALEX**
2. Institución Nacional Científica : **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**
3. Fecha de entrega del informe final o preliminar: **2021/08/11**



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 recolectó 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 **GUANOTUÑA GUANOTUÑA EDISON ALEX.**

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



ANEXO H: Identificación de las musetras dendrológicas en el herbario



ANEXO I: Certificado de la identificación de las muestras en el herbario



HERBARIO POLITECNICA CHIMBORAZO (CHEP)
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL CHIMBORAZO
Panamericana sur Km 1, fono: (03) 2 998-200 ext. 700123, jcaranqui@yahoo.com
Riobamba Ecuador

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 el señor **GUANOTUÑA GUANOTUÑA EDISON ALEX** con CI: 1724565765, 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: Caracterización de las propiedades físicas y químicas de la madera de cinco especies forestales procedentes de la parroquia Multitud cantón Alausi 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
Clusiaceae	<i>Clusia multiflora kunth</i>	Fértil
Myrtaceae	<i>Myrcia fallax (Rich.) DC.</i>	Fértil
Meliaceae	<i>Ruarea pubescens H.Karst</i>	Fértil
Lauraceae	<i>Nectandra membranacea (Sw.) Griseb.</i>	Fértil
Fabaceae	<i>Erythrina edulis Trana ex Micheli</i>	Fértil

Me despido, atentamente

JORGE
MARCELO
CARANQUI
ALDAZ

Firmado digitalmente
por JORGE MARCELO
CARANQUI ALDAZ
Fecha: 2021.03.18
12:30:50 -05'00'

Ing. Jorge Caranqui A.
RESPONSABLE HERBARIO CHEP

FACULTAD DE
RECURSOS
NATURALES

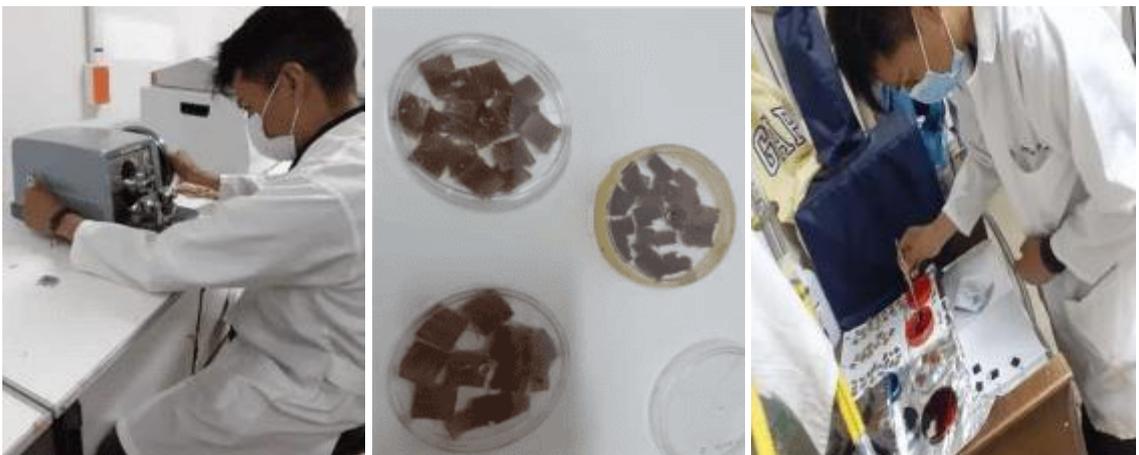
ANEXO J: Dimensionado de las probetas de madera



ANEXO K: Ablandamiento de los cubos de madera



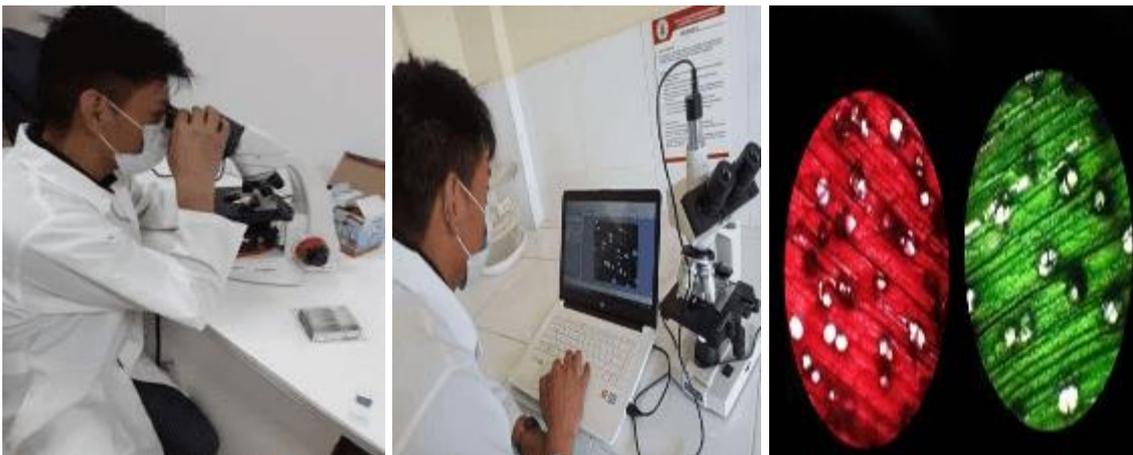
ANEXO L: Corte y tinción de las laminas histológicas



ANEXO M: Tinciones utilizadas



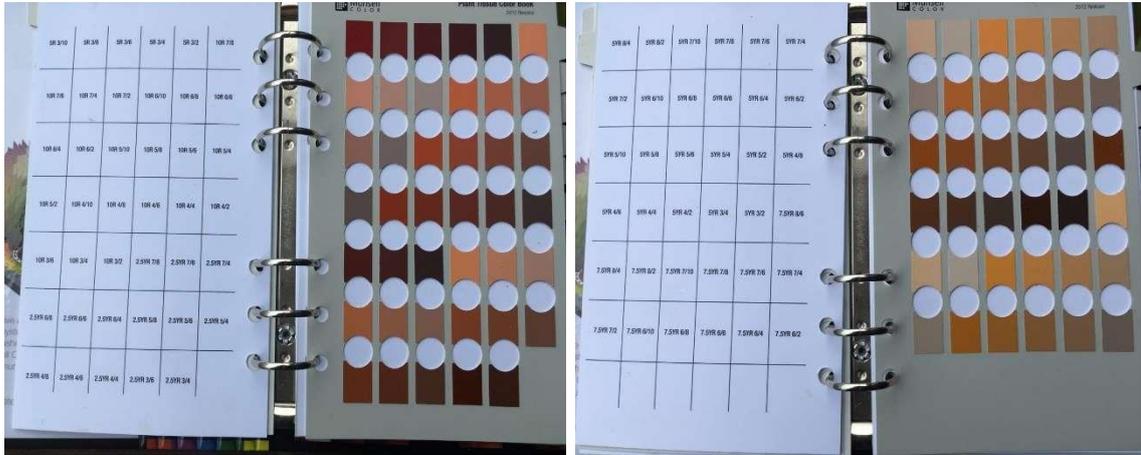
ANEXO N: Fotografiado y descripción de las características anatómicas de las maderas



ANEXO O: Descripción de las características organolépticas de las maderas



ANEXO P: Tabla de Munsell



ANEXO Q: Muestras de madera para la Xiloteca



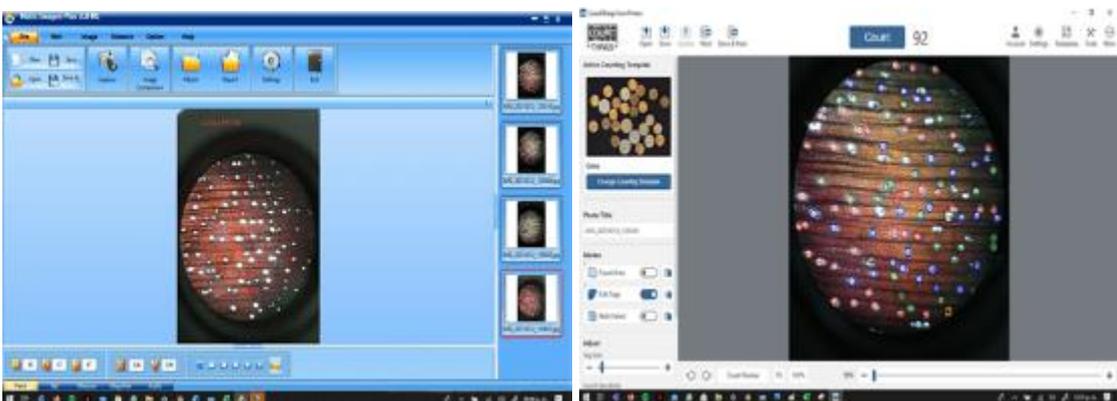
ANEXO R: Proceso de calculo de densidad de las maderas



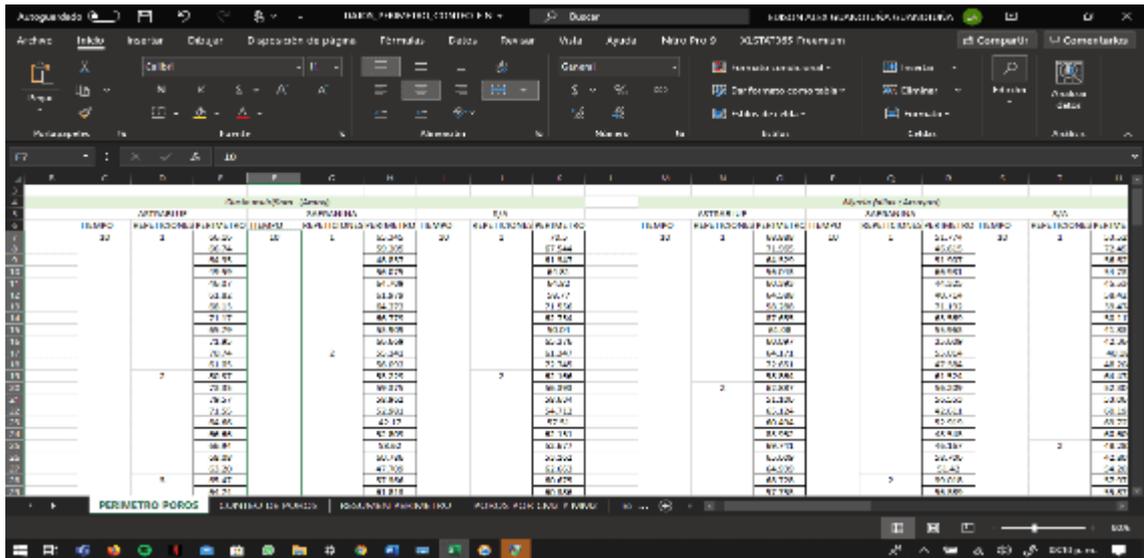
ANEXO S: Proceso de medición de pH de las maderas



ANEXO T: Conteo y medicion de los poros



ANEXO U: Registro de datos en excel para determinar las estadísticas anatómicas



ANEXO V: Prueba de normalidad de Shapiro Wilks para tipo de poros

Variable	n	media	D.E	W*	p Valor
RDU Poros Solitarios	15	0.00	52.63	0.95	0.7138
RDU Múltiples de 2	15	0.00	17.77	0.93	0.4783
RDU Múltiples de 3	15	0.00	4.19	0.97	0.8896
RDU Múltiples de 4	15	0.00	8.73	0.82	0.0092

ANEXO W: ANOVA para poros solitarios

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PS	15	0.99	0.98	11.07

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3221342.67	4	805335.67	207.67	<0.0001
ESPECIES	3221342.67	4	805335.67	207.67	<0.0001
Error	38778.67	10	3877.87		
Total	3260121.33	14			

ANEXO X: ANOVA para poros múltiples de 2

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Múltiples de 2	15	0.99	0.99	7.78

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	838184.27	4	209546.07	474.23	<0.0001
ESPECIES	838184.27	4	209546.07	474.23	<0.0001
Error	4418.67	10	441.87		
Total	842602.93	14			

ANEXO Y: ANOVA para poros múltiples de 3

Variable	N	R²	R² Aj	CV
M3	15	0.96	0.95	12.90

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6218.27	4	1554.57	63.37	<0.0001
ESPECIES	6218.27	4	1554.57	63.37	<0.0001
Error	245.33	10	24.53		
Total	6463.60	14			

ANEXO Z: Prueba de normalidad de Shapiro Wilks para perímetro poros por cm² con datos sin distribución normal

Variable	n	Media	D.E.	W*	p (Unilateral D)
RDUO	135	0	25.6	0.96	0.0032
Poros por cm²					

ANEXO AA: Prueba de normalidad de Shapiro Wilks para perímetro poros por cm2 con datos Transformados con raíz cuadrada

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO					
Poros por cm2	135	0	0.98	0.98	0.1804

ANEXO BB: Prueba de normalidad de Shapiro Wilks para perímetro de los poros

Variable	n	media	D.E	W*	p Valor
RDUO	15	0.00	1.05	0.96	0.8180
Perímetro					

ANEXO CC: ANOVA para el perímetro de los poros

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Poros Solitarios	15	0.99	0.99	2.14

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1683.02	4	420.76	273.81	<0.0001
ESPECIES	1683.02	4	420.76	273.81	<0.0001
Error	15.37	10	1.54		
Total	1698.39	14			

ANEXO DD: ANOVA para poros por cm2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Poros por cm2	135	0.9	0.89	8.56

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1129.14	4	282.28	284.99	<0.0001
Especie	1129.14	4	282.28	284.99	<0.0001
Error	128.76	130	0.99		
Total	1257.9	134			



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: 05 / 11 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Edison Alex Guanotuña Guanotuña</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Recursos Naturales</i>
Carrera: <i>Ingeniería Forestal</i>
Título a optar: <i>Ingeniero 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, I=RIOBAMBA,
serialNumber=060276697
& cn=LUIS ALBERTO
CAMINOS VARGAS
Fecha: 2021.11.05
11:48:54 -05'00'



1987-DBRA-UTP-2021