



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la obtención del  
título de Ingeniero Forestal**

**DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS,  
PROPIEDADES FÍSICAS Y DE TRABAJABILIDAD DE *Chrysophyllum*  
*argenteum Jacq.*, PARROQUIA SANTA RITA, PROVINCIA DE  
ESMERALDAS**

### **AUTOR**

Garzón Flores Bryan Hernán

### **DIRECTOR**

Ing. Chagna Ávila Eduardo Jaime M.Sc.

**IBARRA – ECUADOR**

2022

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS, PROPIEDADES FÍSICAS Y DE TRABAJABILIDAD DE *Chrysophyllum argenteum Jacq.*, PARROQUIA SANTA RITA, PROVINCIA DE ESMERALDAS

Trabajo de titulación revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza la presentación como requisito parcial para obtener el título de:

### INGENIERO FORESTAL

#### APROBADO

Ing. Eduardo Jaime Chagna Ávila M. Sc.  
**Director de trabajo de titulación**

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a large oval, positioned above a horizontal line.

Ing. Daniel David Sono Toledo Ph. D  
**Tribunal de trabajo de titulación**

A handwritten signature in blue ink, positioned above a horizontal line.

Ing. José Gabriel Carvajal Benavides M. Sc.  
**Tribunal de trabajo de titulación**

A handwritten signature in blue ink, positioned above a horizontal line.

Ibarra – Ecuador

2022



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100454240 – 1		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Garzón Flores Bryan Hernán		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Azaya, Calle Guaranda y Antonio Ante 1 – 31		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:bhgarzonf@utn.edu.ec">bhgarzonf@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062 545 – 677	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0979649483
DATOS DE LA OBRA			
<b>TÍTULO:</b>	DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS, PROPIEDADES FÍSICAS Y DE TRABAJABILIDAD DE <i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq., PARROQUIA SANTA RITA, PROVINCIA DE ESMERALDAS.		
<b>AUTOR:</b>	Garzón Flores Bryan Hernán		
<b>FECHA:</b>	28 de julio del 2022		
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN			
<b>CARRERA/PROGRAMA:</b>	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/>	POSGRADO	<input type="checkbox"/>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero Forestal		
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. Eduardo Jaime Chagna Ávila M. Sc.		

## CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto, la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 28 de julio del 2022

**EL AUTOR:**



Garzón Flores Bryan Hernán

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

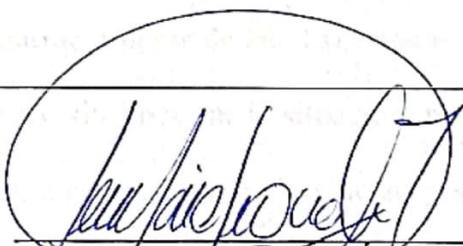
**Guía:** FICAYA - UTN

**Fecha:** 01 de agosto del 2022

Bryan Hernán Garzón Flores: **“DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS, PROPIEDADES FÍSICAS Y DE TRABAJABILIDAD DE *Chrysophyllum argenteum* Jacq., PARROQUIA SANTA RITA, PROVINCIA DE ESMERALDAS”**. Trabajo de titulación. Ingeniería Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 01 de agosto del 2022 de 89 páginas.

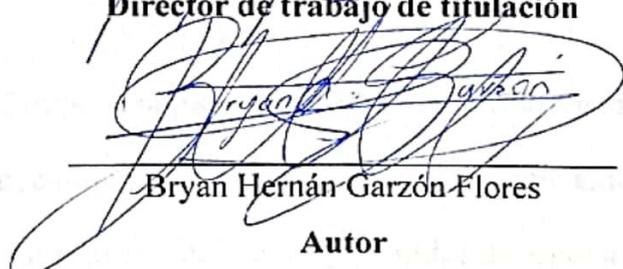
**DIRECTOR:** Ing. Eduardo Jaime Chagna Ávila M. Sc.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Determinar las características anatómicas, propiedades físicas y de trabajabilidad de *Chrysophyllum argenteum* Jacq., parroquia Santa Rita, provincia de Esmeraldas.



Ing. Eduardo Jaime Chagna Ávila M. Sc.

**Director de trabajo de titulación**



Bryan Hernán Garzón Flores

**Autor**

## DEDICATORIA

Sin duda alguna realizar una dedicatoria no es fácil, pero en esta ocasión especial cuando el sentimiento aflora y las palabras fluyen quiero dedicar esta investigación a:

Mi familia quienes siempre me han apoyado tanto emocional como económicamente en los momentos importantes de mi vida, con altos y bajos, con tristezas y alegrías. Gracias Dios por brindarme un hogar lleno de amor, valores, humildad y respeto.

Mi hermano Christopher Jaren Garzón Flores quien, con su apoyo, ocurrencias, carisma, ayuda incondicional y un sincero amor de hermanos me ha motivado siempre y dado su cariño.

Mi madre Amparo Susana Flores Erazo quien ha estado conmigo en todo momento, y nunca dudo de mí y supo cómo animarme a pesar de las discusiones y conflictos entre nosotros fue comprensiva y amorosa conmigo, sin importar la situación me demostró muchas veces ganas de salir adelante y ser mejores, me enseñó que el esfuerzo y sacrificio que hagas de corazón siempre será recompensado tarde o temprano.

Mi padre Luis Hernán Garzón Zambrano quien me ha enseñado a nunca rendirme ante cualquier adversidad, por su amor, comprensión, por confiar en mí y sobre todo por apoyarme durante mi formación profesional. Gracias por darme la oportunidad de superarme.

A mi novia Johana Mishell Suárez Moreno que llegó a mi vida de sorpresa, con su cariño, paciencia y apoyo incondicional me acompañó, soportándome en días buenos y malos estando a mi lado en victorias y en derrotas, haciéndome sonreír en el transcurso de estos años enseñándome que el amor, la complicidad, el cariño y la confianza son posibles y reales.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco infinitamente:

A Dios y a la vida que me puso en el lugar y momento adecuado, para cumplir una meta y un sueño más; a mis padres por el apoyo que me brindaron en el transcurso de mi vida universitaria, por todos y cada uno de los esfuerzos para que este día llegara.

Doy gracias a mi carrera la “Carrera de Ingeniería Forestal”, a la cual estoy sumamente orgulloso de pertenecer, a sus docentes, que más que docentes se convirtieron en amigos y colegas.

A mi director y asesores: Msc. Eduardo Chagna, Ph. D Daniel Sono y Msc. José Carvajal por su buena disposición, sus oportunas sugerencias y sus valiosos aportes en el desarrollo óptimo de la investigación.

A los ingenieros Msc. Hugo Paredes y Msc. Guillermo Varela por su colaboración en el manejo y utilización de las máquinas en la Central de Innovación Maderera y Laboratorio de Anatomías de Madera y Xiloteca.

Al Sr. Oscar Arias quien permitió el desarrollo de la investigación por medio de la intervención en sus predios para la tumba y extracción de los árboles.

A mis compañeros con los cuales se vivió un sin número de anécdotas las cuales recordaré siempre, gracias por su hermosa e incondicional amistad, por estar en las buenas y malas, de corazón gracias por todo.

## **LISTA DE SIGLAS**

**ASTM.** American Society for Testing and Materials (Asociación Americana de Ensayo de Materiales)

**CRE.** Constitución de la República del Ecuador

**COPANT.** Comisión Panamericana de Normas Técnicas

**IAWA.** International Association of Wood Anatomists

**INEN.** Instituto Ecuatoriano de Normalización

**SENPLADES.** Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo

**CODA.** Código Orgánico del Ambiente del Ecuador

**JUNAC.** Junta del Acuerdo de Cartagena

**HEH.** Humedad de Equilibrio Higroscópico

**PSF.** Punto de Saturación de las Fibras

**CH.** Contenido de Humedad

**INHAMI.** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

**PV.** Peso en verde

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.    Objetivos .....	2
1.1.1. <i>General</i> .....	2
1.1.2. <i>Específicos</i> .....	2
1.2.    Preguntas directrices.....	3
CAPÍTULO II .....	4
MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. Fundamentación legal.....	4
2.1.1. <i>Constitución de la República del Ecuador (2008)</i> .....	4
2.1.2. <i>Código Orgánico del Ambiente (CODA)</i> .....	4
2.1.3. <i>Plan Nacional de Desarrollo 2021 - 2025</i> .....	5
2.1.4. <i>Línea de investigación</i> .....	6
2.1.5. <i>Código de ética de la Universidad Técnica del Norte</i> .....	6
2.2. Fundamentación teórica .....	6
2.2.1. <i>Características de la madera</i> .....	6
2.2.1.1. Estructura de la madera .....	6
2.2.2. Características anatómicas.....	7
2.2.2.1. Anillos de crecimiento.....	7
2.2.2.2. Albura y duramen.....	7
2.2.2.3. Vasos .....	8

2.2.2.4. Porosidad.....	8
2.2.2.4.1. Por su ubicación.....	8
2.2.2.4.2. Tamaño.....	9
2.2.2.4.3. Disposición.....	9
2.2.2.4.4. Agrupación.....	9
2.2.2.5. Parénquima.....	10
2.2.2.6. Radios.....	10
2.2.2.7. <i>Características organolépticas</i> .....	11
2.2.3. Propiedades físicas.....	12
2.2.3.1. Contenido de humedad.....	12
2.2.3.2. Peso específico.....	13
2.2.3.3. Densidad.....	13
2.2.3.4. Contracción.....	15
2.2.4. Propiedades de trabajabilidad.....	16
2.2.4.1. Cepillado.....	16
2.2.4.2. Lijado.....	17
2.2.4.3. Moldurado.....	18
2.2.4.4. Taladrado.....	18
2.2.4.5. Torneado.....	19
2.2.5. Características generales de Caimitillo ( <i>Chrysophyllum spp.</i> ).....	19
2.2.5.1. Hábitat y distribución.....	19
2.2.5.2. Descripción botánica.....	19
2.2.5.3. Silvicultura.....	20

2.2.5.4. Descripción de la madera .....	20
2.2.5.5. Usos .....	20
CAPÍTULO III .....	21
MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
3.1. Ubicación del lugar .....	21
3.1.1. Política .....	21
3.1.2. Geografía.....	21
3.1.3. Límites .....	22
3.2. Caracterización edafoclimática del lugar .....	22
3.2.1. Suelo .....	22
3.2.2. Clima .....	22
3.2.3. Ecosistema.....	23
3.3. Materiales, equipos y software .....	23
3.4. Metodología.....	24
3.4.1. Universo .....	24
3.4.2. Tamaño de la muestra .....	25
3.4.3. Muestreo .....	25
3.4.4. Diseño experimental.....	26
3.5. Variables .....	27
3.5.1. Descripción de las características anatómicas .....	27
3.5.1.1. Características microanatómicas .....	27
3.5.1.2. Determinación de las características macroanatómicas.....	28
3.5.1.3. Determinación de la sección transversal del fuste.....	29

3.5.1.4. <i>Estimadores Estadísticos</i> .....	30
CAPÍTULO IV .....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1. Descripción de la madera de <i>Chrysophyllum spp.</i> .....	31
4.1.1. Características macroanatómicas.....	32
4.1.2. Características microanatómicas .....	32
4.2. Propiedades físicas .....	37
4.2.1. <i>Contenido de humedad</i> .....	37
4.2.2. <i>Densidad</i> .....	39
4.2.3. <i>Contracción</i> .....	41
4.3. Propiedades de trabajabilidad.....	43
4.3.1. <i>Cepillado</i> .....	43
4.3.2. <i>Lijado</i> .....	45
4.3.3. <i>Moldurado</i> .....	47
4.3.4. <i>Taladrado</i> .....	49
4.3.5. <i>Torneado</i> .....	50
4.4. Usos probables de <i>Chrysophyllum spp.</i> .....	51
CAPÍTULO V .....	54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	54
5.1. Conclusiones .....	54
5.2. Recomendaciones.....	55
CAPÍTULO VI.....	56
REFERENCIAS .....	56

CAPÍTULO VII.....	64
ANEXOS.....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Clasificación de la madera según la densidad</i> .....	15
<b>Tabla 2</b> <i>Clasificación de contracciones de la madera</i> .....	16
<b>Tabla 3</b> <i>Rangos de clasificación de contracción, relación T/R</i> .....	16
<b>Tabla 4</b> <i>Coordenadas geográficas del sitio de aprovechamiento del material experimental</i>	21
<b>Tabla 5</b> <i>Matriz de variables climáticas</i> .....	23
<b>Tabla 6</b> <i>Materiales, equipos y software a emplear en la investigación</i> .....	24
<b>Tabla 7</b> <i>Muestras de xiloteca, cubos y rodajas</i> .....	25
<b>Tabla 8</b> <i>Probetas para ensayos de propiedades físicas</i> .....	26
<b>Tabla 9</b> <i>Probetas para ensayos de trabajabilidad</i> .....	26
<b>Tabla 10</b> <i>Descripción microanatómica de <i>Chrysophyllum</i> spp. vs <i>C. sanguinolentum</i></i> .....	34
<b>Tabla 11</b> <i>Estadística descriptiva del contenido de humedad de la madera de <i>Chrysophyllum</i> spp.</i> .....	38
<b>Tabla 12</b> <i>Estadística descriptiva de la densidad de la madera de <i>Chrysophyllum</i> spp.</i> .....	39
<b>Tabla 13</b> <i>Estadística descriptiva de la contracción de la madera de <i>Chrysophyllum</i> spp.</i> .....	42
<b>Tabla 14</b> <i>Usos de especies de densidad tipo “A”</i> .....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Placa para la descripción y medición de las características microanatómicas</i> .....	29
<b>Figura 2</b> <i>Rodaja para la observación de la orientación de anillos de crecimiento y número de anillos por cm lineal</i> .....	30
<b>Figura 3</b> <i>Características organolépticas de la madera de Chrysophyllum spp. (vista radial)</i> .....	31
<b>Figura 4</b> <i>Corte transversal en la muestra de xiloteca de Chrysophyllum spp.</i> .....	32
<b>Figura 5</b> <i>Vista microscópica en las distintas caras de la madera de Chrysophyllum spp.</i> .....	35
<b>Figura 6</b> <i>Curva de desorción del peso de las probetas de la madera de Chrysophyllum spp. en los meses agosto - octubre</i> .....	37
<b>Figura 7</b> <i>Densidad de Chrysophyllum spp. en base a los distintos estados de la humedad</i> ..	40
<b>Figura 8</b> <i>Contracción normal y total de la madera de Chrysophyllum spp.</i> .....	42
<b>Figura 9</b> <i>Defectos evidenciados en el ensayo de cepillado</i> .....	44
<b>Figura 10</b> <i>Defectos evidenciados en el ensayo de lijado, lija 60</i> .....	45
<b>Figura 11</b> <i>Defectos evidenciados en el ensayo de lijado, lija 100</i> .....	46
<b>Figura 12</b> <i>Defectos evidenciados en el ensayo de moldurado</i> .....	48
<b>Figura 13</b> <i>Defectos evidenciados en el ensayo de taladrado</i> .....	49
<b>Figura 14</b> <i>Defectos evidenciados en el ensayo de torneado</i> .....	51

## RESUMEN

En el Ecuador la insuficiente información sobre la tecnología de la madera ha producido una limitante en el uso adecuado de las especies forestales, tal es el caso de *Chrysophyllum spp.*; para contrarrestar dicha limitante, se realizó la presente investigación que tuvo como objetivo determinar las características anatómicas, propiedades físicas y de trabajabilidad en la parroquia Santa Rita – Esmeraldas. Para las fases de aprovechamiento y ensayos correspondientes se hizo uso de las normas COPANT, INEN Y ASTM. La elaboración de las probetas y determinación de las propiedades se realizó en la Central de Innovación de la Madera y en el Laboratorio de Anatomías de la Madera y Xiloteca. El contenido de humedad hallado fue de 43,10% con una densidad básica de 0,82 gr/cm<sup>3</sup>, la contracción volumétrica total fue de 9,42% y relación tangencial/radial de 1,16%, enmarcándola como madera pesada de densidad básica tipo “A” y puede ser usada en estructuras, construcciones, para recubrimientos, tabiquería, ebanistería, muebles tallados y en chapas decorativas.

**Palabras clave:** Chrysophyllum, propiedades anatómicas, físicas, trabajabilidad.

## ABSTRACT

In the Ecuador the insufficient information about the wood's technology caused a limiting in the proper use of forest species, as such is the case of *Chrysophyllum spp.*; to overcome this limitation, the present investigation was carried out whose objective Determine the anatomical characteristics, physical properties and the workability in the Santa Rita - Esmeraldas parish. The Exploitation phases and corresponding essays, standards were used COPANT; INEN Y ASTM. The preparation of the specimens y determination of properties was realized in the Innovation Maderera Central and in the Wood and Xiloteca Anatomy laboratory. The moisture content found was 43,10% with a basic density of 0,82gr/cm<sup>3</sup>, the total volumetric contraction of 9,42% and the tangential/radial relationship of 1,16%, framed as heavy wood of basic density type "A" and can be used in structures, constructions, for coatings, partitions, joinery, carved furniture and decorative veneers.

**Keywords:** Chrysophyllum, properties anatomics, physical, workability.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

El Ecuador es considerado un país megadiverso en el cual albergan una gran variedad de especies; sin embargo, la escasa información con respecto a las propiedades de la madera limita su gran variedad de usos, como es el caso de *Chrysophyllum spp.* En vista que, en la actualidad la parroquia de Santa Rita la utiliza empíricamente en la construcción de viviendas, postes, entre otros usos. Aquello evidencia que existe una subutilización del recurso forestal, dejando de lado el potencial que ofrece la especie (Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial San Rita [PDOT], 2015).

En la mayoría de los países desarrollados, es un requisito indispensable clasificar a las maderas de acuerdo con sus propiedades físicas y mecánicas para brindarles una óptima utilización (Echenique y Robles, 1993). Además, las características tecnológicas de la madera son determinantes para su aprovechamiento y posterior aplicación específica en usos y procesos donde ciertas propiedades son decisivas para obtener un beneficio máximo desde el punto de vista económico y técnico, optimizando así recursos en los enfoques antes mencionados (Ecuador Forestal, 2012).

En el Ecuador no se registran estudios de las características anatómicas, propiedades físicas y de trabajabilidad de la madera de *Chrysophyllum spp.*, bajo estas consideraciones, y debido al desconocimiento de lo antes mencionado, se hace necesario el estudio tecnológico de la especie, el cual está orientado a aportar a las necesidades de los productores, incrementar los usos, así como el manejo técnico apropiado en la parroquia Santa Rita – San Lorenzo brindando así usos alternativos en función de las potencialidades de la especie (Ecuador Forestal, 2012).

En base a la evaluación de estas características, se determinó los usos en función de los resultados esperados. La información científica y técnica que se obtuvo de esta investigación servirá de base para que el sector pueda potencializar el manejo focalizado con la especie en mención. Además, se pretende disminuir la propagación de especies exóticas y dar prioridad al desarrollo de plantas nativas como es el caso de la especie en mención; en el ámbito de las artesanías, desarrollo de la industria del mueble, diseño y construcción.

Al desarrollar la presente investigación se introducen nuevos usos de la especie hacia el mercado lo cual diversifica la oferta y demanda de madera dentro de la parroquia usándose como alternativa frente al uso de otras especies forestales, mejorando así la rentabilidad y sustentabilidad de la cadena de valor forestal a fin de conservar este recurso.

Esta investigación generó una fuente de información para el uso y manejo técnico del recurso forestal a la parroquia de Santa Rita y población en general, a partir de los resultados y recomendaciones que se generaron de la trabajabilidad de la madera.

## **1.1. Objetivos**

### ***1.1.1. General***

Determinar las características anatómicas, propiedades físicas y de trabajabilidad de *Chrysophyllum argenteum Jacq.*, provincia de Esmeraldas, San Lorenzo - Ecuador.

### ***1.1.2. Específicos***

- Describir las características anatómicas de *Chrysophyllum argenteum Jacq.*
- Determinar las propiedades físicas de *Chrysophyllum argenteum Jacq.*,
- Determinar las propiedades de trabajabilidad y usos posibles de esta especie.

## 1.2. Preguntas directrices

- ¿Cuáles son las características anatómicas de *Chrysophyllum argenteum Jacq*?
- ¿Cuáles son las propiedades físicas de *Chrysophyllum argenteum Jacq*?
- ¿La madera de *Chrysophyllum argenteum Jacq*?, es apta para realizar procesos de trabajabilidad?

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Fundamentación legal

##### 2.1.1. *Constitución de la República del Ecuador (2008)*

**Art. 71.-** Se menciona que la naturaleza, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete íntegramente su existencia y el mantenimiento en cual se vea regeneración de los ciclos propios de la misma, así como también estructura, funciones y procesos evolutivos.

Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda.

El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

##### 2.1.2. *Código Orgánico del Ambiente (CODA)*

**Art.3:** Fines de este código:

**Literal 9.** Establecer los mecanismos propicios que promuevan y fomenten la generación de información ambiental, e igualmente la coordinación y articulación de entidades tanto públicas y privadas en la cual la sociedad civil sea responsable de realizar actividades tanto de gestión he investigación ambiental en conformidad con requerimientos y propiedad estatal (Código Orgánico del Ambiente, 2018).

**Art. 17:** explica que la investigación ambiental deberá ser apoyada y contar con datos científicos y técnicos sobre la biodiversidad y el ambiente, los que deberán ser actualizados de manera permanente, por lo que instituciones de educación superior públicas, privadas y mixtas al igual que otras instituciones dedicadas a la investigación, con lo cual el país mejorara la parte científica del mismo (CODA, 2018).

**Art. 133:** Investigación científica, innovación y desarrollo tecnológico y extensión forestal. La Autoridad Ambiental Nacional, la Autoridad Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, la Autoridad Única del Agua y la Autoridad Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y Saberes Ancestrales identificarán y propondrán iniciativas para la investigación científica, innovación y desarrollo tecnológico y extensión forestal en base a sus competencias.

### ***2.1.3. Plan de Creación de Oportunidades 2021 - 2025***

La presente investigación se basa en objetivos, ejes y políticas que se detallan a continuación:

**Eje:** Transición ecológica

Recursos naturales, conservación de los ecosistemas, deforestación y patrimonio natural, cambio climático, conservación de los ecosistemas y prácticas ambientales.

**Objetivo 11.** Conservar, restaurar, proteger y hacer un uso sostenible de los recursos naturales.

**Política 3.3.** Promover buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES], 2021).

#### ***2.1.4. Línea de investigación***

El estudio se enmarca en la línea de investigación de la Universidad Técnica del Norte: Desarrollo agropecuario y forestal sostenible.

#### ***2.1.5. Código de ética de la Universidad Técnica del Norte***

**Art. 1:** El código de ética tiene como finalidad contribuir al mejoramiento del comportamiento de los integrantes de la comunidad dentro y fuera de la Universidad, valorando el talento para que asuma sus responsabilidades bajo los principios de eficacia, calidad y transparencia.

### **2.2. Fundamentación teórica**

#### ***2.2.1. Características de la madera***

Como lo menciona Alvarado (2016) la madera es un material de origen vegetal y renovable que está constituido por fibras de celulosa (50%) entrelazadas con lignina (30%) y productos orgánicos (20%) como almidón, taninos, azúcares, grasas, entre otros. Por otra parte, Aguilar y Guzowski (2011) afirman que es utilizado para la fabricación de ciertos productos debido a sus propiedades las cuales brindan un rango mínimo de factores limitantes. Sus principales características son la anisotropía e higroscopía.

##### ***2.2.1.1. Estructura de la madera***

Homogénea y uniforme. Se encuentra formada por un conjunto de células alargadas de diferente longitud que cumplen funciones tales como la conducción de la savia (alimento del árbol), transformación y almacenamiento de sustancias nutrientes o bien la sustentación física (Fernández, 2001). Mientras que, para la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR,2010) la madera es un material natural, biológico, renovable, orgánico, poroso, higroscópico, anisotrópico y homogéneo. Estas características deben ser advertidas ya que le confieren

determinadas propiedades de uso, resistencia y susceptibilidad a ser dañada por agentes bióticos y abióticos.

## **2.2.2. Características anatómicas**

### **2.2.2.1. Anillos de crecimiento**

Como lo establece Barañao, *et al.* (2008) es la capa de crecimiento de xilema o floema secundario. Este fenómeno 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. Por su parte, para Amoroso y Suárez (2015) los anillos de crecimiento almacenan información acerca de los factores ambientales que afectan al crecimiento del árbol.

### **2.2.2.2. Albura y duramen**

Desde el punto de vista de Londoño (2008) menciona que, por un período de años la xilema recién formada no solamente proporciona soporte mecánico al árbol, sino que también participa en las funciones de conducción y, en parte, sirve como lugar de almacenamiento de alimentos de reserva. La proporción duramen/albura es un atributo de calidad de importancia para los diferentes usos. El duramen contiene extractivos y un menor contenido de humedad que la albura, mientras que ésta contiene células de parénquima vivas. El duramen es normalmente de color oscuro y frecuentemente más denso, sin embargo, no significa necesariamente una alta resistencia mecánica. Finalmente, el duramen generalmente tiene menor permeabilidad que la albura, es más difícil secarlo, y menos penetrable por los preservantes, pintura y colorantes (Monteoliva *et al.*, 2012).

Además, existe una jerarquía de variaciones de los caracteres estructurales vinculada al ambiente, especie, individuos dentro de cada especie y a la posición de la muestra dentro de

cada ejemplar (Zobel y Van Buijtenen, 1989). De este modo, la estructura de la madera es el resultado de la influencia de factores intrínsecos (genéticos) y extrínsecos (ambientales). La naturaleza e intensidad de la influencia de estos factores sobre los elementos anatómicos pueden diferir según la especie o el género.

### **2.2.2.3. Vasos**

La Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC, 1984) concuerda en que son elementos prosenquimatosos de conducción de agua y sales minerales. A nivel macroscópico, las características de los vasos utilizadas en identificación se concentran en la sección transversal de la madera. En este plano de corte, los vasos se presentan en forma de orificios o agujeros que reciben el nombre de poros.

Por otra parte, con respecto a los vasos (poros), desde el punto de vista macroscópico, las características que se toman en consideración son las siguientes:

### **2.2.2.4. Porosidad**

El término porosidad se refiere al patrón de variación del tamaño de los poros a lo ancho de un anillo de crecimiento o a lo ancho de una sección transversal (Bone, 2019).

#### **2.2.2.4.1. Por su ubicación**

Kollman (1968) menciona que pueden ser:

- **Circular:** se caracteriza por presentarse poros grandes al inicio del anillo de crecimiento (madera temprana) y poros pequeños al final de este (madera tardía).
- **Semicircular:** Al igual que la porosidad circular, se presentan poros grandes en la madera temprana y poros pequeños en la madera tardía, pero existe una transición gradual entre ambos poros.

- **Difusa:** Los poros no presentan ningún patrón definido de variación, en cuanto a tamaño, a lo ancho del anillo de crecimiento. Se pueden presentar poros de diferentes tamaños entremezclados entre sí o poros de un tamaño aproximadamente uniforme.

#### **2.2.2.4.2. Tamaño**

- **Pequeños:** Poros difíciles de observar a nivel macroscópico; su observación se debe hacer con el uso de lupa.
- **Medianos:** Poros cuya observación se puede hacer a simple vista, pero con cierta dificultad.
- **Grandes:** Poros claramente observables a simple vista.

#### **2.2.2.4.3. Disposición**

De acuerdo con Bone (2019) establece que pueden ser:

- **Radial o flamiforme:** Los poros se disponen en filas paralelas a los radios.
- **Radial – oblicua:** Los poros se disponen en filas paralelas y oblicuas con respecto a la orientación de los radios.
- **Patrón dendrítico:** Es una variación del tipo anterior y en el mismo se observa una disposición de poros en donde se presentan "ramificaciones".
- **Bandas tangenciales o ulmoide:** Los poros se disponen en líneas o bandas que son perpendiculares a la dirección de los radios.
- **Sin ningún patrón definido:** Los poros se encuentran dispuestos o arreglados sin seguir ningún patrón definido.

#### **2.2.2.4.4. Agrupación**

- **Poros exclusivamente solitarios:** Cuando los poros no se encuentran en contacto entre sí, es decir, se presentan independientes unos de otros.

- **Múltiples:** Cuando los poros están en contacto entre sí (Puertas *et al.*, 2013). Pueden ser de dos tipos: Múltiples radiales: Poros en contacto sólo por su pared tangencial. Los poros múltiples radiales pueden ser clasificados en múltiples radiales cortos cuando se encuentran en contacto hasta tres poros; y múltiples radiales largos cuando se encuentra en contacto más de tres poros.

#### 2.2.2.5. *Parénquima*

Según Turpo (2015) menciona que pueden ser:

- **Parénquima axial:** desempeña la función de almacenamiento en el leño y normalmente en mayor proporción en las latifoliadas que en coníferas. Sus células se destacan de las demás por presentar paredes degradadas, no lignificadas, puntuaciones simples y por su forma rectangular y fusiforme en los planos longitudinales.
- Desde el punto de vista de Kollman (1968) la distribución del parénquima xilemático o axial muestra tipos intermedios. La relación espacial de los vasos, como se observa en cortes transversales, sirve para su división en dos tipos principales.
- **Parénquima apotraqueal:** no asociado a los vasos. Puede a su vez presentarse de las siguientes maneras tales como: difuso, difuso en agregados y en bandas marginal.
- **Parénquima Paratraqueal:** sistemáticamente asociado a los vasos. Se presenta de diferentes formas, tales como: escaso, unilateral, vasicentrico, aliforme y confluyente coalescente.

#### 2.2.2.6. *Radios*

Los radios tienen la función de almacenamiento y conducción transversal de las sustancias nutritivas. Presentan gran variedad en forma, tamaño y número de células que los componen Giménez, *et al.* (2014).

Según los mismos autores dicen que los radios pueden ser:

- **Homogéneos:** formados por células, normalmente se refiere el término homogéneo a radios cuyo tejido está formado apenas por células horizontales o procumbentes en sección radial. Este tipo incluye radios compuestos de células procumbentes (horizontales), con una hilera de células marginales por lo general más altas que las del centro, siendo lo mismo procumbentes.
- **Heterogéneos:** están formados por más de un tipo de células: procumbentes, cuadradas o verticales, en diversas combinaciones.
- *Tipo I:* radios multiseriados compuestos de células erectas o cuadradas, o multiseriados con extremidades uniseriadas del mismo espesor o más largas que la parte multiseriada. Los extremos son uniseriados y formados por células verticales o cuadradas.
- *Tipo II:* radios uniseriados, compuestos de células verticales y cuadradas. Radios multiseriados con una hilera marginal de células erectas o con colas uniseriadas, más cortas que las partes multiseriadas, siendo éstas compuestas por células erectas.
- *Tipo III:* radios multiseriados con células procumbentes o células cuadradas, o una mezcla de ambas. Radios multiseriados con células.

#### ***2.2.2.7. Características organolépticas***

Son aquellas características externas de la madera, que pueden ser percibidas mediante la vista, el olfato, el tacto y el gusto, tales como: color, olor, sabor, grano, brillo, textura y veteado (Puertas, *et al.* 2013). De acuerdo con Millacan (2020) estas características están ligadas al valor decorativo y ornamental del leño y son perceptibles con los órganos sensoriales de cualquier especie forestal.

### 2.2.3. Propiedades físicas

#### 2.2.3.1. Contenido de humedad

Cuando un árbol está recién cortado, su madera tiene gran cantidad de agua, variando el contenido según la época de año, la región de procedencia y la especie forestal que se trate. De igual manera, la albura, por estar conformada por células cuya función principal es la conducción de agua, presenta un contenido de humedad mayor que el duramen (Kollman, 1968). Por su parte, Jiménez (2015) resalta que la madera es un material higroscópico, es decir, tiene la capacidad de captar o ceder agua del medio que le rodea. Para ello, la madera contiene huecos en su estructura microscópica, con diferentes tamaños y en función de ello se originan diferentes tipos de fuerzas, con distintas intensidades, capaces de captar y retener agua de la atmósfera que le rodea.

Según el mismo autor el proceso de secado de la madera está influenciado por:

- En la capa límite: velocidad del aire, temperatura y humedad del aire y de la superficie de la madera.
- En la madera: temperatura y contenido de humedad de la madera, aptitud higroscópica, permeabilidad, anatomía de la madera y potencial de transmisión de calor.

El contenido de humedad (CH) en la madera hace referencia a la capacidad de absorber y liberar cierta cantidad de agua, para de esta manera alcanzar un equilibrio entre la humedad relativa en el sitio y su propio contenido de humedad (Pérez *et al.*, 2011).

Spavento, *et al.* (2015) indican que el agua contenida en la madera se encuentra bajo tres formas diferentes:

- **Agua libre:** Es la que ocupa las cavidades celulares o lúmenes, dándole a la madera la condición de "verde". Al iniciarse el secado, el agua libre se va perdiendo fácilmente por evaporación, ya que es retenida por fuerzas capilares muy débiles, hasta el momento

en que ya no contiene más agua de este tipo. En ese punto, la madera estará en lo que se denomina “Punto de Saturación de las Fibras” (PSF).

- **Agua de saturación, de imbibición, higroscópica o fija:** Es el agua que se encuentra en las paredes celulares. Durante el secado de la madera, cuando ésta ha perdido su agua libre por evaporación y continúa secándose, la pérdida de humedad ocurre con mayor lentitud hasta llegar a un estado de equilibrio (Humedad de Equilibrio Higroscópico (HEH)) con la humedad relativa de la atmósfera circundante.
- **Agua de constitución:** Es la que forma parte de la materia celular de la madera y no puede eliminarse utilizando las técnicas normales de secado. Su separación implica la destrucción de la madera (quemado).

#### ***2.2.3.2. Peso específico***

De acuerdo con Meneses (2013) argumenta que es la relación existente de peso de la madera con un determinado CH y el volumen de agua a cierta temperatura, que influye directamente a la resistencia a la flexión, ya que, a mayor peso específico, mayor resistencia convirtiéndola en una relación directamente proporcional.

El espesor de las paredes, el tamaño de las células y el número de clases celulares constitutivas de cada una de las especies, son de gran importancia para poder determinar su peso específico (Piqué y de Cartagena, 1984).

#### ***2.2.3.3. Densidad***

Según Baradit, *et al.* (2013) define como la relación entre su masa y su volumen, y es necesario referirla a un determinado contenido de humedad, generalmente el 12%. La densidad de las maderas es muy variable, según su densidad se pueden clasificar en: muy ligera, ligera, semipesada, pesada, muy pesada.

La importancia de la densidad de la madera está asociada directamente a las propiedades mecánicas y durabilidad de este material, Según (Centro de Transferencia Tecnológica [CTT], 2001) la madera se presenta en cinco densidades las cuales se detallan a continuación:

- **Densidad de referencia:** relación entre la masa y el volumen de la probeta, se determina por un CH en común para este tipo de humedad se definen:
- **Densidad normal:** relación entre la masa y el volumen con un contenido de humedad igual al 12 %.
- **Densidad en estado anhidro:** relación entre la masa y el volumen de la probeta madera seca al horno.
- **Densidad básica:** relación entre el volumen de la probeta en estado anhidro y el volumen en estado saturado.
- **Densidad nominal:** relación entre la masa de la probeta en estado anhidro y el volumen de la probeta al contenido de humedad. Se conoce que la densidad es el resultado de la masa sobre el volumen que varía en base a la humedad, si esta crece la densidad también.

La madera según la densidad puede ser usada adecuadamente por medio de parámetros numéricos (tabla 1) que muestran el uso idóneo minimizando así el riesgo de errores al momento de emplear el material experimental (Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2011).

**Tabla 1***Clasificación de la madera según la densidad*

<b>Clase</b>	<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>
Tipo A	> 0,711
Tipo B	> 0,55 y < 0,70
Tipo C	> 0,40 y < 0,54
Tipo D	< 0,40

**Fuente:** (INEN, 2011)**2.2.3.4. Contracción**

Dudek y Werner, citado por Mediavilla (2016), establece que es el cambio de volumen y dimensiones de la madera, causadas por la alteración del contenido de humedad; esta se visualiza cuando la madera es seca por debajo del punto de saturación de las fibras (PSF), se expresa en porcentaje.

Pazos y Sotelo (1999), mencionan que las contracciones de la madera se pueden explicar en función del contenido de lignina, para generar así una resistencia a la misma. Las contracciones de la madera según Moya *et al.* (2010) poseen parámetros que permiten deducir su comportamiento en función de la humedad relativa del ambiente y su propio contenido de humedad (Ver tabla 2 y 3).

**Tabla 2***Clasificación de contracciones de la madera*

<b>Valoración</b>	<b>Tangencial</b>	<b>Radial</b>	<b>Volumétrica total</b>
Muy baja	0-3,5	0-2,0	0-5,5
Baja	3,6-5,0	2,1-3,0	5,6-8,0
Mediana	5,1-6,5	3,1-4,0	8,1-10,5
Alta	6,6-8,0	4,1-5,0	10,6-13,0
Muy alta	> = 8,1	> = 5,1	> = 13,1

**Fuente:** Barcenas citado por Moya *et al.* (2010)**Tabla 3***Rangos de clasificación de contracción, relacion T/R*

<b>Valoración</b>	<b>Rango</b>
Baja	1,0-1,7
Alta	1,71-2,3
Muy alta	> = 2,3

**Fuente:** Barcenas citado por Moya *et al.* (2010)

#### **2.2.4. Propiedades de trabajabilidad**

La trabajabilidad es el comportamiento que tiene la madera ante la aplicación de una serie de procesos en los cuales se utiliza maquinaria o instrumentos, mismos que lo moldean y transforman en un producto; Mediavilla (2016) y Benetti (2015) mencionan que el grado de dificultad y calidad del producto, determinará el grado de trabajabilidad.

##### **2.2.4.1. Cepillado**

Según Mediavilla (2016) afirma que, es uno de los procesos primordiales en la trabajabilidad de la madera, consta de la obtención de superficies lisas a partir de la utilización de instrumentos o herramientas con cuchillas, con movimiento lineal o circular.

Para determinar la trabajabilidad de la madera se debe tomar en cuenta la siguiente terminología (Jonhton citado por Meneses, 2011).

- **Ángulo de cara anterior:** Es el ángulo dado por la inclinación de la cuchilla o cuchillas en la porta cuchillas.
- **Ángulo de corte:** Es el ángulo comprometido entre la cara anterior de la cuchilla o entre el bisel frontal y un plano que pasa por el filo de la cuchilla y el eje del cabezal porta cuchillas.
- **Ángulo libre:** Es el ángulo comprendido entre la tangente que pasa por el filo de la cuchilla y el bisel posterior.
- **Ancho del igualado:** Es el ancho que se produce en la zona inmediata al filo de las cuchillas al afilarlas para que generen un círculo de corte común.
- **Marcas de viruta:** Son los segmentos de trocoides que se genera sobre la madera por el paso sucesivo de las cuchillas.
- **Profundidad de corte:** Es el espesor de la madera que se va a remover.

#### ***2.2.4.2. Lijado***

Es un proceso, mediante el cual por medio de la acción lineal o circular de papel lija, o a través de una maquina se pretende obtener superficies suaves y lisas; el grado de aplicación y repeticiones de este proceso dependerá de los defectos que tenga la superficie de la madera, debido a esto es necesario utilizar lijas de espesor diferente (Meneses, 2013).

Por su parte, Norton (2018) menciona que el primer paso para obtener una buena pintura o barniz en la madera es lijar lo cual influye directamente en el resultado final del mueble u objeto de madera. Si no se realiza un lijado adecuado, sin duda, el acabado no será el esperado, es decir, muy por debajo de la calidad que el comprador final espera.

### **2.2.4.3. Moldurado**

Muñoz y Flores citado por Mediavilla (2016) señala que el moldurado es el proceso que consiste en dar una forma decorativa o funcional a una determinada pieza, normalmente en el borde de la misma, a través de instrumentos o herramientas con cuchillas de diferentes formas y dimensiones que dan una forma diferente a la original.

Mientras que para Manrique (2015) el moldurado consiste en dar un perfil determinado y una forma deseada a uno o más de los bordes de las piezas de madera mediante la herramienta de corte denominada fresa, por lo que la tersura del corte y detalle de la figura es de primordial importancia. Se realiza en máquinas trompos, el tipo de trompo más utilizado en pequeños talleres y carpinterías es el de un solo eje vertical movable y de alimentación manual.

### **2.2.4.4. Taladrado**

Es el proceso que consiste en la realización de huecos sobre una pieza de madera, destinados a recibir tornillos, puntillas o cualquier otra pieza en forma de un cilindro. Herrera e Hidalgo citado por Meneses (2013) mencionan que los factores que afectan la calidad, el desgaste, la eficiencia y el gasto de energía en taladrarse son:

- **Factores relativos a la madera:** cuatro son los factores de la madera que afectan al taladrado: propiedades físicas, mecánicas, características anatómicas, de la anisotropía de la madera y su contenido de humedad CH.
- **Factores relativos a máquinas y brocas:** existen diferentes tipos de taladro, los más conocidos son: taladros portátiles, verticales de columna con un solo eje, múltiples verticales y horizontales.
- **Condiciones de Corte:** se consideran las siguientes:

*Velocidad de corte:* una velocidad de giro excesiva para una potencia dada reduce la eficiencia, ya que limita la velocidad y su penetración; y, suelen producir quemaduras internas del hueco y desgaste acelerado de los filos.

*Carga de penetración:* El uso de cargas de penetración elevadas para lograr velocidades de penetración elevadas, sobre todo en el caso de especies de alta densidad y otras que presentan problemas de corte neto, fricciones y dificultades de evaluación por fibrosidad (células largas y delgadas que cumplen la función de sostén del leño o resistencia mecánica), implica potencias suficientes para velocidades determinadas de giro.

Por lo tanto, dada la carga de penetración, la especie y la potencia instalada, la velocidad de giro tendrá un valor (Puertas *et al.*, 2013).

#### **2.2.4.5. Torneado**

Es una operación a través de la cual se obtiene una pieza cilíndrica de una pieza de forma cuadrada. El torneado es importante cuando se tienen que fabricar artículos de madera como pies de lámparas y patas de cama, entre otros (Moya *et al.*, 2004).

### **2.2.5. Características generales de Caimitillo (*Chrysophyllum spp.*)**

#### **2.2.5.1. Hábitat y distribución**

Árbol nativo de la Costa y Amazonia en las provincias: Bolívar, Cotopaxi, El Oro, Esmeraldas, Guayas, Los Ríos, Manabí, Morona, Napo, Pichincha, entre 0-500 msnm (Aguirre, 2016).

#### **2.2.5.2. Descripción botánica**

Árbol de 12 metros de altura, 60 cm de DAP. Raíces tablares vistosas de hasta 1,5 metros desde el suelo. Fuste cilíndrico muy ramificado. Corteza rugosa color pardo verdosa. Presencia

de látex blanco en toda la planta. Hojas simples, alternas, dispuestas alrededor de las ramitas, cuneadas en la base y acuminadas en el ápice, haz verde lustroso y envés verde-amarillento, nerviación secundaria paralela. Flores unisexuales o bisexuales fasciculadas, 5 estambres. Fruto drupa carnosa redonda con 4-5 semillas (Palacios, 2011).

#### **2.2.5.3. *Silvicultura***

Según las observaciones hechas en campo, la especie, tiene un enorme potencial silvícola. En la zona de Muisne, Esmeraldas, la gente local advierte que la especie crece |y que desarrolla un fuste de excelentes características. Esta situación, sumada a las características de la madera y a su amplia distribución, la convierten en una especie con un enorme potencial económico. Además, se evidencia que produce grandes cantidades de frutos, lo que podría facilitar la propagación (Palacios, 2017).

#### **2.2.5.4. *Descripción de la madera***

El color de la madera es marrón amarillento 10YR 5/6., corteza rugosa color pardo rojiza (Global Forest y Trade Network [WWF], 2013).

#### **2.2.5.5. *Usos***

Madera utilizada como pilares, vigas, listones, muebles y encofrado, mueblería fina con los acabados necesarios, cajones de camionetas que poseen un solo cajón (conversatorio con moradores de la parroquia y dueño del predio de la presente investigación).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del lugar

##### 3.1.1. Política

La presente investigación se realizó en dos fases: campo y laboratorio. La fase de campo se ejecutó en el sector de Durango, parroquia Santa Rita, cantón San Lorenzo, provincia de Esmeraldas, propiedad del señor Oscar Arias, y la fase de laboratorio en el Predio Universitario de “Yuyucocha” de la Universidad Técnica del Norte (ver anexo A1 y A2).

##### 3.1.2. Geografía

El lugar de aprovechamiento y extracción del material experimental se encuentra ubicado en los siguientes límites geográficos (ver tabla 4).

**Tabla 4**

*Coordenadas geográficas del sitio de aprovechamiento del material experimental*

Puntos	Longitud	Latitud
1	78°43'41''	01°05'55'' N
2	78°45'50''	01°10'59'' N

**Fuente:** Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial Santa Rita, (PDOT, 2015)

El Predio Universitario de “Yuyucocha” está ubicado en la parroquia de Caranqui, cantón Ibarra, posee una extensión de siete hectáreas, tiene una altitud de 2243 msnm, y está a una latitud 0° 21' 53'' N y una longitud 78° 06' 32'' O (Cadena y Enríquez, 2013).

### **3.1.3. Límites**

El predio del Sr. Oscar Arias (lugar del aprovechamiento) limita:

- Norte: predio del Sr. Iván Nastacuas
- Sur: predio del Sr. David Cantincus
- Este: predio del Sr. Fabián Erreria
- Oeste: predios de los Sres. Santiago Nastacuas, Moisés Cantincus y Ramiro Cantincus

## **3.2. Caracterización edafoclimática del lugar**

### **3.2.1. Suelo**

Los suelos en el sitio están conformados por limos, arcillas y arenosos; con gran predominancia de material pétreo, arena, cascajo, sobre todo en las cuencas de los ríos. Con un aproximado de 10 a 30 cm de espesor con gran cantidad de materia orgánica en descomposición (PDOT, 2015).

### **3.2.2. Clima**

El lugar de aprovechamiento debido a su clima tropical muy húmedo pasa en constante lluvia en gran parte del año. A continuación, se expone las variables climáticas (ver tabla 5) (PDOT, 2015).

**Tabla 5***Matriz de variables climáticas*

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
Precipitación	Los meses con menor pluviosidad son de julio a noviembre. La pluviosidad bordea el rango 7000mm-7500mm por año máxima.
Temperatura	Se registra promedios de temperatura de 25°C
Piso climático	No existe información
Humedad	En la zona, la humedad relativa media es de 90% y se encuentra directamente relacionada por la influencia de las masas húmedas provenientes del mar y por la capacidad evaporante del suelo.
Viento	La velocidad media anual calculada en base a tres observaciones diarias tiene un valor de 1.5 m/s.

**Fuente:** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Santa Rita, 2015

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, citado por Cuasquer, (2017) menciona que el Predio Universitario de “Yuyucocha” presenta una temperatura que varía entre 18,4 y 26,2 °C y la precipitación oscila entre 5 y 14 mm; los meses más lluviosos son octubre y noviembre y los meses de menor precipitación enero, febrero, marzo y abril.

### **3.2.3. Ecosistema**

El tipo de ecosistema en el sitio se divide en cuatro categorías los cuales son: Bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó Ecuatorial, Bosque siempreverde pie montano de Cordillera Occidental de los Andes, en intervención y sin información (PDOT, 2015).

### **3.3. Materiales, equipos y software**

Los materiales de campo, materiales de laboratorio, equipos y software que se emplearon en el desarrollo de la investigación están descritos en la tabla 6.

**Tabla 6***Materiales, equipos y software a emplear en la investigación*

<b>Materiales de campo</b>	<b>Materiales de laboratorio</b>	<b>Equipos</b>	<b>Software</b>
Cinta métrica	Calibrador digital	GPS	Office 2019
Hoja de campo	Estufa	Hipsómetro suunto	ArcGIS 10.3
Machete	Lijadora manual	Laptop hacer	Infostat
Pintura en aerosol	Cajas Petri	Balanza electrónica	
	Porta y cubreobjetos	Estereoscopio	
	Bálsamo de Canadá	Microscopio eléctrico	
	Alcohol	Micrótopo	
	Agua destilada	Canteadora	
	Safranina	Cepilladora	
	Lija N° 60	Cierra circular	
	Lija N° 100	Motosierra	
	Brocas	Torno	
	Formón	Molduradora	
	Gubias	Taladro	

### **3.4. Metodología**

#### **3.4.1. Universo**

El universo lo conformaron 7 árboles como menciona la Norma INEN 1158 y 1159, con las mejores características fenotípicas. Para la identificación de los individuos se realizó una salida de campo y se seleccionaron los árboles que se encontraron bien en estado fitosanitario, con el tronco recto y sin deformaciones. Una vez escogidos los árboles se procedió a realizar la tumba, posteriormente se midió 2,5 m de longitud, se extrajeron y escuadraron las trozas, se obtuvieron los bloques que fueron embalados y llevados al centro de acopio para su posterior traslado al Predio Universitario de “Yuyucocha”.

### 3.4.2. *Tamaño de la muestra*

Mediante la norma INEN 1158 se seleccionaron siete árboles con las mejores características fenotípicas (sanos, tronco recto y sin deformaciones).

### 3.4.3. *Muestreo*

- Por medio de las normas INEN, ASTM y COPANT los bloques obtenidos de los árboles se transformaron en probetas.
- Según la norma INEN 1163 para las propiedades anatómicas, se obtuvieron muestras de xiloteca, cubos y rodajas (ver tabla 7).
- Para los ensayos de las propiedades físicas según la norma COPANT 459 se obtuvieron las probetas (ver tabla 8).
- Para los ensayos de trabajabilidad se utilizó la norma ASTM D 1666-87, la misma que indica la utilización de las probetas (ver tabla 9).

#### 3.4.3.1. *Características anatómicas*

**Tabla 7**

*Muestras de xiloteca, cubos y rodajas*

<b>Muestras</b>	<b>Dimensiones (cm)</b>
Xiloteca	15 x 10 x 2
Propiedades microanatómicas	1,5 x 1,5 x 1,5
Determinación de grano	5 x 5 x 5
Rodaja	5

**Fuente:** Comisión Panamericana de Normas Técnicas, (COPANT, 459)

### 3.4.3.2. *Propiedades físicas*

**Tabla 8**

*Probetas para ensayos de propiedades físicas*

Ensayo	Dimensión probetas (cm)	Orientación	Número de probetas
Contenido de humedad	10 x 5 x 5	T/R	49
Densidad	10 x 5 x 5	T/R	49
Contracción	10 x 5 x 5	T/R	49

**Nota.** T= Tangencial; R = Radial

**Fuente:** Comisión Panamericana de Normas Técnicas, (COPANT, 459)

### 3.4.3.3. *Propiedades de trabajabilidad*

**Tabla 9**

*Probetas para ensayos de trabajabilidad*

Ensayo	Dimensión probetas (cm)	Orientación	Número de probetas
Cepillado	100 x 5 x 6	T-R-O	105
Lijado	100 x 5 x 5	T-R-O	105
Moldurado	100 x 5 x 5	T-R-O	105
Taladrado	100 x 5 x 5	T-R-O	105
Torneado	15 x 5 x 5	T/R	35

**Nota.** T = Tangencial; R = Radial; O = Oblicuo

**Fuente:** American Society for Testing and Materials, (ASTM, 1992).

### 3.4.4. *Diseño experimental*

La investigación al ser de tipo descriptiva no necesitó un diseño experimental sin embargo se utilizó estimadores estadísticos como: la media, desviación estándar, error estándar y coeficiente de variación.

### **3.5. Variables**

#### **3.5.1. Descripción de las características anatómicas**

##### **3.5.1.1. Características microanatómicas**

**Preparación de placas:** Para la descripción de las características microanatómicas se preparó placas transparentes de cortes de madera como se detalla a continuación.

- **Ablandamiento de los cubos de madera para propiedades microanatómicas:** Los cubos con orientación tangencial, radial y transversal; se ablandaron mediante cocción (30 horas) en agua hasta la ebullición y se verificó el estado de ablandamiento realizando cortes en el micrótopo.
- **Corte de láminas:** Con la ayuda del micrótopo de desplazamiento horizontal se cortaron láminas con espesores de 10 a 15 micras para los planos tangencial y radial; y de alrededor de 20 micras para el corte transversal. Se controló la calidad y orientación de las láminas, observando en el microscopio eléctrico. Las láminas se colocaron en cajas Petri debidamente codificadas.
- **Lavado de láminas:** Durante el corte de láminas, los tejidos sufrieron roturas y presentaron pequeñas partículas de tejidos; es necesario eliminarlas, se realizó la inmersión de cada corte en agua destilada, con la finalidad de eliminar los residuos de tejidos.
- **Deshidratación de tejidos:** Se aplicaron las siguientes soluciones alcohólicas: 35°, 50°, 75°, 90°, 95° y alcohol absoluto, los cortes deben permanecer durante cinco a diez minutos en cada paso empezando desde el menor grado hasta llegar al alcohol absoluto.
- **Coloración de láminas:** Se aplicaron gotas de safranina al 1% en solución alcohólica, hasta cubrir los cortes, se dejó en reposo durante 36 horas
- **Eliminación del exceso de colorante y lavado de cortes:** Se aplicó una solución de alcohol 95° o alcohol absoluto, para lavar el exceso de colorante de los cortes. Se repitió

la operación hasta que la solución quedó cristalina, por último, se dejó reposar en alcohol absoluto hasta el momento del montaje de placas.

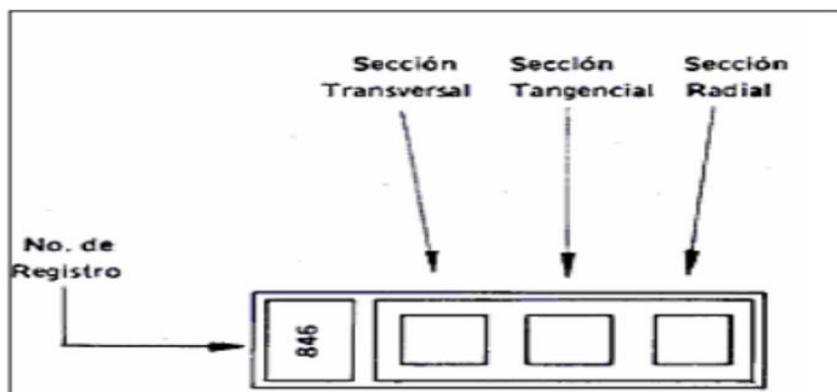
- **Montaje y etiquetado de láminas:** En el costado derecho de la porta objetos se colocaron los tres cortes de las especies en el siguiente orden: izquierda el transversal, al medio el tangencial y a la derecha el radial, se agregaron una o dos gotas de Bálsamo de Canadá, disuelto en alcohol a temperatura alta pero menor a la de ebullición. Sobre las láminas se colocó el cubreobjetos rectangular, se procedió al etiquetado de acuerdo con la norma (Instituto Nacional de Normalización [INEN 1163], 2012).
- **Secado de las placas:** Se colocaron las placas en la estufa a 45 °C y sobre el cubreobjetos un peso de 350 g para proporcionar una presión constante mientras se secaron las láminas.

### ***3.5.1.2. Determinación de las características macroanatómicas***

Se empleó la Lista de las Características Microanatómicas para la Identificación de Maderas Duras de acuerdo con la (Asociación Internacional de Anatomistas de Maderas [IAWA], 1989). Se realizó observaciones y mediciones en el Laboratorio Anatomía de Maderas y Xiloteca empleando un estereoscopio en los cortes transversales, tangenciales y radiales (ver figura 1).

## Figura 1

*Placa para la descripción y medición de las características*



**Fuente:** INEN, 2013

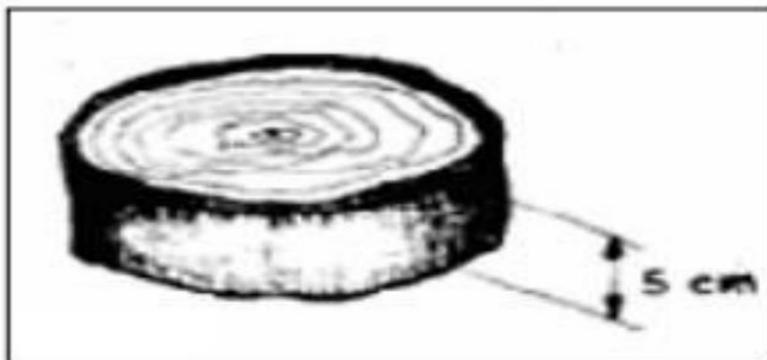
- **Corte transversal:** Se observó y se describió el tipo, tamaño y forma de poros; tipo de porosidad; tipo del parénquima longitudinal y número de poros por mm<sup>2</sup>.
- **Corte tangencial:** se realizó mediciones de la altura y ancho de los radios medulares; se clasificó el tipo radios de acuerdo con los Kribs.
- **Corte radial:** se realizó la identificación; mediciones de altura y ancho y clasificación de los radios medulares según el tipo de células.

### *3.5.1.3. Determinación de la sección transversal del fuste*

Se realizó una minuciosa observación para calificar la forma de la rodaja, haciendo referencia a la orientación de los anillos de crecimiento y el número de anillos por centímetro lineal (ver figura 2).

**Figura 2**

*Rodaja para la observación de la orientación de anillos de crecimiento y número de anillos por cm lineal*



**Fuente:** INEN, 2013

**3.5.1.4. Estimadores Estadísticos**

Los resultados fueron evaluados por medio de estimadores estadísticos como la media, desviación estándar, error estándar y coeficiente de variación, con la finalidad de determinar y calificar las propiedades anatómicas, físicas y de trabajabilidad.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se detalla los resultados obtenidos en cada uno de los análisis anatómicos, físicos y de trabajabilidad los cuales se expresan en gráficos, así como también de manera explícita todos los estimadores estadísticos usados.

#### 4.1. Descripción de la madera de *Chrysophyllum spp.*

Cabe mencionar que, la especie en investigación fue identificada a nivel de género debido a la ausencia de la etapa de floración parte fundamental de su fenología en el lapso de la presente investigación, ocasionando así el no llegar a nivel de especie y la recolección de muestras botánicas infértiles.

Por su parte, la madera en condición verde presenta una coloración en la albura parda – amarillo – rojiza, y en el duramen marrón – oscura; por el contrario, al pasar a la condición de seca al ambiente posee un cambio abrupto de albura a duramen. Por otra parte, la madera presenta un olor agradable en condición verde y desagradable en condición anhidra, sabor astringente, brillo alto, textura media, grano ondulado o crespo y vetado satinado (ver figura 3).

#### Figura 3

*Características organolépticas de la madera de Chrysophyllum spp. (vista radial)*



#### 4.1.1. Características macroanatómicas

##### 4.1.1.1. Descripción de las características macroanatómicas de *Chrysophyllum* spp.

Los anillos de crecimiento son perceptibles a simple vista, por su parte, los poros los cuales son solitarios y escasos múltiples, así como el parénquima el cual es apotraqueal en bandas son visibles por medio de una lupa de 10X, la porosidad es oblicua – radial y los radios son poco notorios a simple vista (ver figura 4). Además, se evidencia que, en el leño temprano (albura) el parénquima se encuentra más disperso, mientras en el leño tardío (duramen) el mismo está adherido mostrando la dureza de la especie.

#### Figura 4

Corte transversal en la muestra de xiloteca de *Chrysophyllum* spp.



**Nota.** círculo: leño tardío; cuadrado: leño temprano

#### 4.1.2. Características microanatómicas

##### 4.1.2.1. Descripción de las características microanatómicas de *Chrysophyllum* spp.

Se muestra la comparación de la microanatomía de *Chrysophyllum* spp. vs *C. sanguinolentum* (ver tabla 10), dicha comparación presenta semejanzas y diferencias (ver figura 5). Semejanzas: poros solitarios y múltiples radiales; el parénquima es apotraqueal en bandas y reticulado con presencia de tñlides, los radios en el corte tangencial son multiseriados heterogéneos, y además poseen células erectas y procumbentes en el corte radial.

Diferencias: la porosidad en *Chrysophyllum spp.*, es oblicua – radial mientras que, en *C. sanguinolentum* es difusa; en los poros se observa a *Chrysophyllum spp.*, con poros redondeados y ovals, así como en menor cantidad/ mm<sup>2</sup> a diferencia de *C. sanguinolentum* que son principalmente ovals y en mayor cantidad/ mm<sup>2</sup>; la altura y ancho promedio de los radios en el corte radial son muy distintos en *Chrysophyllum spp.*, (18 – 27,56) mm y en *C. sanguinolentum* (21 – 28,84) mm respectivamente.

**Tabla 10**

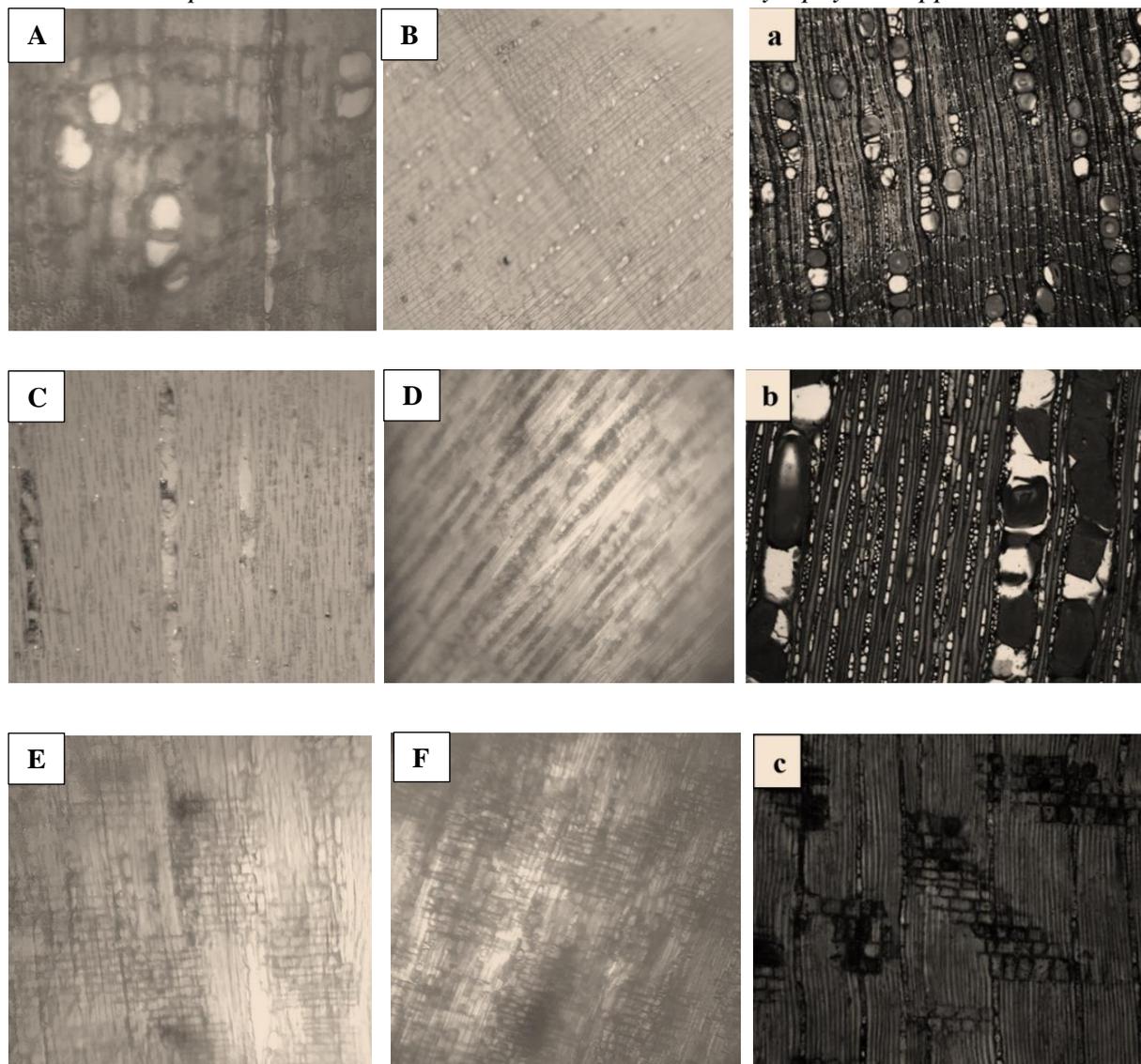
*Descripción microanatómica de Chrysophyllum spp. vs C. sanguinolentum*

Cortes	Características	<i>Chrysophyllum spp.</i>	<i>C. sanguinolentum</i> (Suasnabar y Monge, 2019)
Transversal	Poros	Solitarios y múltiples radiales cortos de dos a tres células principalmente redondeados y ovals; diámetro promedio de 175,56 $\mu\text{m}$ (150 – 250 $\mu\text{m}$ ), número de poros por $\text{mm}^2$ promedio 39 unidades (35 – 55 unidades).	Múltiples radiales de forma oval con diámetro promedio de 182.56 $\mu\text{m}$ (252.00 – 117.60 $\mu\text{m}$ ), número de poros por $\text{mm}^2$ promedio 45 unid. (55 – 33 unid.).
	Porosidad	Oblicua – radial.	Difusa
	Parénquima	Apotraqueal en bandas (presencia de tílides).	Apotraqueal reticulado (presencia de tílido esclerótica)
Tangencial	Radios	Multiseriados de tipo II y III de Kribs, presencia superior de biseriados.	Multiseriados heterogéneos
Radial	Radios	Heterogéneos con presencia de células erectas y procumbentes, número de radios por 5 mm 5 (4 – 9 unidades), número de células por longitud de radio 18 (17 – 25 unidades), ancho de radios 27,56 $\mu\text{m}$ (17,10 – 35,78 $\mu\text{m}$ ).	Heterogéneos con células cuadradas y procumbentes, número de radios por 5mm 6 (9 – 4 unid.), longitud de radio 408.64 $\mu\text{m}$ (548.00 – 274.00 $\mu\text{m}$ ). número de células por longitud de radio 21 (28 – 16 unid.), ancho de radios 28.84 $\mu\text{m}$ (38.50 – 17.50 $\mu\text{m}$ ).

Cabe mencionar que, en la comparación realizada con *C. sanguinolentum* se colectaron muestras de madera del bosque húmedo premontano tropical con una temperatura promedio de 21 °C y a una altitud de 320 msnm., a diferencia del presente estudio que se colectó muestras en bosque siempreverde piemontano del norte con una temperatura promedio de 25 °C y a una altitud de 1100 msnm.

## Figura 5

*Vista microscópica en las distintas caras de la madera de Chrysophyllum spp.*



**Nota.** características microanatómicas de *Chrysophyllum spp.* vs *C. sanguinolentum* (A, B, a) poros solitarios y múltiples radiales; parénquima apotraqueal en bandas y reticulado; (C, D) radios tipo II y III de Kribs (b) radios multiseriados; (E, F, c) radios heterogéneos con presencia de células erectas y procumbentes.

**Fuente:** A – B – C – D – E – F (lado izquierdo) Bryan Hernán Garzón Flores; a – b – c (lado derecho en vertical) por Suasnabar y Monge (2019).

De acuerdo con Pérez, *et al.* (2015), Gonzales (2008), Knigge y Koltzemburg (1965), el diámetro de los poros presenta una gradiente radial que asciende de médula a corteza esto quiere decir que, el diámetro de los poros crece hasta cierta edad, una vez alcanzada dicha edad el diámetro de los poros decrece, lo cual explica la variación de diámetros entre *Chrysophyllum spp.* y *C. sanguinolentum*.

Por otra parte, Honorato (2002) citado por Ruiz, *et al.* (2016) afirman que la consideración del diámetro y la cantidad de poros/mm<sup>2</sup> es importante en las operaciones de acabado y pegado, ya que, a mayor número/mm<sup>2</sup>, es más difícil darle un buen acabado a la madera y la adhesión de las superficies es menor. También tiene relevancia en los procesos de impregnación, pues la presencia de vasos numerosos facilita el movimiento y la distribución uniforme de los preservadores. En base a lo mencionado la especie en investigación posee gran cantidad de poros/ mm<sup>2</sup> y dificulta su acabado, pero para procesos de impregnación la misma cantidad es idónea para la uniformidad de los preservantes.

Además, según Bone (2019), Moglia y Giménez (1998) y Bissing (1982); mencionan que los poros son indicadores de la eficiencia y seguridad en la conducción del agua, lo cual evidencia la alta producción de poros solitarios y múltiples en lugares con mayor disponibilidad de agua, esto demuestra la gran productividad de poros en la especie en investigación, la cual cabe recalcar que fue obtenida de un bosque siempreverde piemontano del norte.

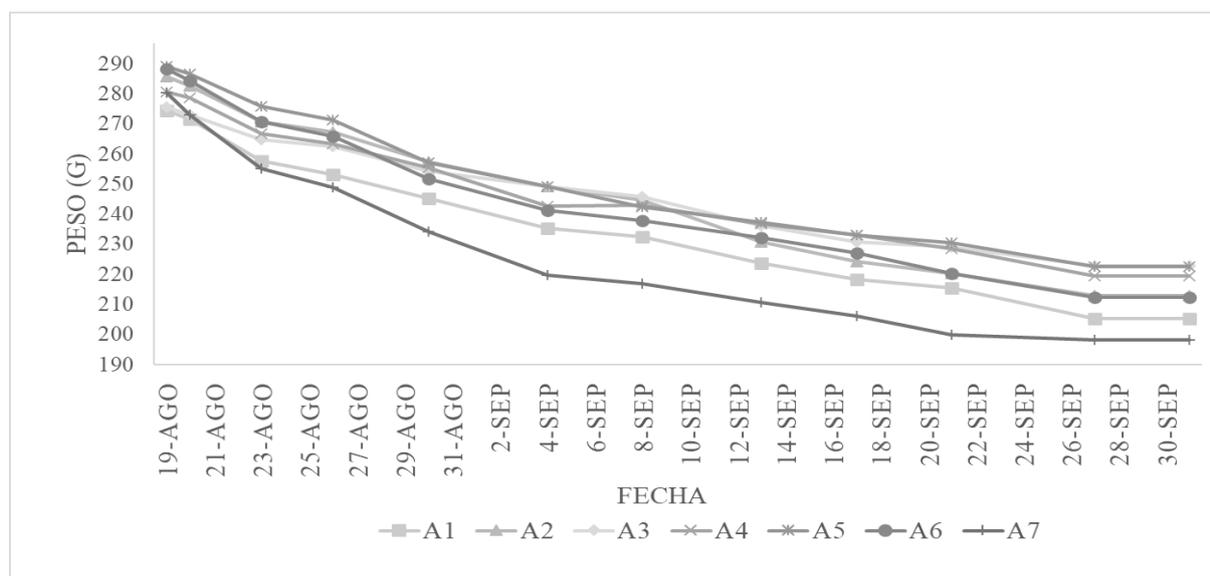
## 4.2. Propiedades físicas

### 4.2.1. Contenido de humedad

El peso en verde inicial de *Chrysophyllum spp.*, fue de 282,16 gramos, secándose al ambiente por un lapso de 42 días se redujo a un peso de 226,42 gramos, finalmente al colocarlas en el horno por 7 días a temperaturas de 30, 60, 85, 90 y 102 °C alcanzó un peso final de 197,90 gramos, demostrando un descenso del 30% en comparación a su peso inicial (ver figura 6).

**Figura 6**

*Curva de desorción del peso de las probetas de la madera de Chrysophyllum spp. en los meses agosto - octubre*



**Nota.** A1: Árbol 1. A2: Árbol 2. A3: Árbol 3. A4: Árbol 4. A5: Árbol 5. A6: Árbol 6. A7: Árbol 7.

Con respecto al contenido de humedad promedio de la especie en mención es de 43,10% lo que permite interpretar que la madera tiene una capacidad higroscópica representativa a la media, la desviación estándar indica que los datos están agrupados y homogéneos según el coeficiente de variación calculado, con un error estándar bajo (ver tabla 11).

**Tabla 11**

*Estadística descriptiva del contenido de humedad de la madera de Chrysophyllum spp.*

<b>Estimador estadístico</b>	<b>Contenido de humedad</b>
Unidad	%
Media	43,10
Suma	301,36
Desviación estándar	1,08
Error estándar	0,75
Coefficiente de variación	4,33

En la investigación realizada por Suasnabar y Monge (2019) en Huancayo – Perú, establecieron el contenido de humedad de *C. sanguinolentum*, el cual tiene un valor mayor de 58% a diferencia de *Chrysophyllum spp.* de 43,10%; Ganzhi (2006) por su parte, en Loja – Ecuador determinó 30% para *C. lanatum* esta divergencia se da debido a la humedad relativa de cada sitio lo cual certifica dichos porcentajes. *C. sanguinolentum* a 90%, *Chrysophyllum spp.* a 80% y *C. lanatum* a 78%.

Según Pérez, *et al.* (2011) y Morales (2003) indican que la humedad relativa del ambiente influye directamente en el CH, por lo cual es necesario considerar dicha variable al momento de llevar procesos de secado e impregnación en la madera. Por otra parte, según el Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE] (2014) determinó un contenido de humedad para *Minquartia guianensis Aubl.*, de 60.9%; a pesar de ser una especie que se clasifica dentro del tipo de densidad de la especie estudiada, presenta una mayor retención de agua debido a su composición estructural como lo establece Jiménez (2015).

Además, Jr. Pérez (2011) y Berger (2009) indican que, en maderas duras en la cual se enmarca la especie en investigación el contenido de humedad oscila entre 45% y 80% lo cual corrobora el CH hallado para *Chrysophyllum spp.*; esto debido a que las maderas duras contienen menos humedad que las blandas y mayor lignificación por su crecimiento lento requiriendo mayor tiempo para su producción y además son especies escasas por su alta demanda (Organización Internacional de las Maderas Tropicales, 2012).

#### 4.2.2. Densidad

Se obtuvo una densidad básica promedio de 0,82 gr/cm<sup>3</sup>, al igual que su comportamiento (ver figura 7); según la clasificación de maderas del (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2011) se encuentra en el rango de las maderas pesadas tipo “A”.

Por otra parte, al calcular los parámetros estadísticos requeridos para la densidad se obtuvo que la desviación estándar afirma la agrupación de los datos y la homogeneidad según el coeficiente de variación calculado, además el error estándar muestra un valor muy bajo para los resultados obtenidos (ver tabla 12).

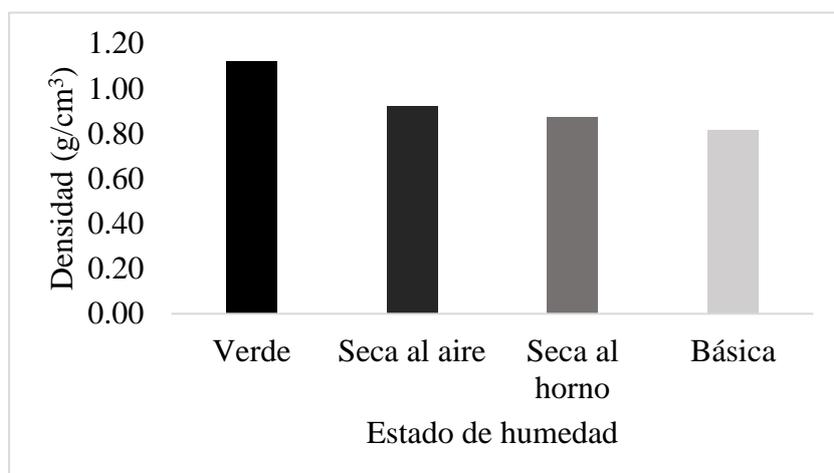
**Tabla 12**

*Estadística descriptiva de la densidad de la madera de Chrysophyllum spp.*

<b>Estimador estadístico</b>	<b>Densidad</b>
Unidad	gr/cm <sup>3</sup>
Media	0,82
Suma	39,99
Desviación estándar	0,02
Error estándar	0,01
Coeficiente de variación	1,85

### Figura 7

*Densidad de Chrysophyllum spp. en base a los distintos estados de la humedad*



En el caso de *Chrysophyllum spp.*, se determinó una densidad básica de 0,82 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que en *C. sanguinolentum* 0,64 gr/cm<sup>3</sup> (Suasnabar y Monge, 2019); *C. lanatum* 0,63 gr/cm<sup>3</sup> (Ganzhi, 2006); *Chrysophyllum spp.* 0,50 gr/cm<sup>3</sup> (Ordoñez, *et al.* 2015); y *C. cainito* 0,74 gr/cm<sup>3</sup> (Global Forest y Trade Network [WWF], 2013). Las especies citadas anteriormente poseen una densidad básica similar, por lo que se categorizan como maderas semipesadas tipo “B”, a diferencia de la especie en investigación *Chrysophyllum spp.*, que se categoriza en maderas pesadas tipo “A”.

Lo mencionado según, Goche, *et al.* (2011) y Carmona, *et al.* (1997) evidencian que, a pesar de ser especies del mismo género la variedad de especies y varios factores ambientales como: disponibilidad de nutrientes, agua, luz, socios; e inclusive si se desarrollan en sitios y condiciones similares o distintas, influyen en la densidad básica lo cual demuestra la diferenciación de categorías entre especies (Vázquez, *et al.* 2015).

Además de acuerdo con Carmona, *et al.* (1997), fundamentan que cuando la densidad aumenta, también lo hace sus propiedades de resistencia, lo que es evidenciado en densidades de 0,80 a 1,00 gr/cm<sup>3</sup> (maderas pesadas) (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2011), rango en el que se halla la especie en investigación corroborando lo antes citado (Berger, 2009).

#### **4.2.3. Contracción**

Respecto al análisis de la contracción se debe mencionar que las probetas de la especie investigada tienden a contraerse de forma mayoritaria en la cara tangencial con un porcentaje de 4,70%, con respecto al resto de las caras de la madera.

En base a la clasificación de contracciones de la madera y los rangos de clasificación de contracción relación T/R de Moya (2010) la contracción de *Chrysophyllum spp.*, presenta una contracción radial de 4,07% (mediana), tangencial de 4,70% (baja), relación volumétrica total 9,42% (mediana) y relación tangencial - radial de 1,16% (baja), lo cual evidencia que la especie en investigación no tiende a contraerse de forma masiva a causa del proceso de secado (ver figura 8). En cuanto a la desviación estándar indica que los datos están agrupados y homogéneos, según el coeficiente de variación calculado y el error estándar muestra que la media es relativamente representativa por sus valores bajos (ver tabla 13).

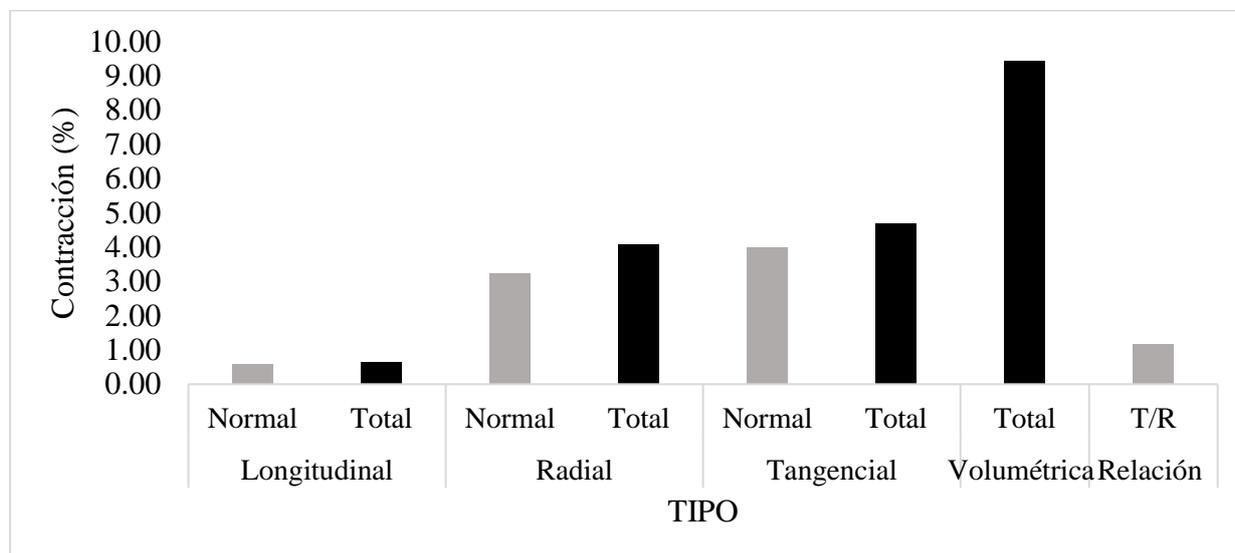
**Tabla 13**

*Estadística descriptiva de la contracción de la madera de Chrysophyllum spp.*

Estimador estadístico	Longitudinal		Radial		Tangencial		Volumétrica total	Relación T/R
	Normal	Total	Normal	Total	Normal	Total		
Media	0,58	0,65	3,23	4,07	4,00	4,70	9,42	1,16
Suma	28,34	32,08	158,41	199,20	195,96	230,14	461,41	59,63
Desviación estándar	0,13	0,13	0,54	0,54	0,43	0,57	1,06	0,14
Error estándar	0,05	0,05	0,20	0,20	0,16	0,22	0,40	0,05
Coefficiente de variación	3,04	9,29	6,82	3,25	10,00	2,23	1,23	1,75

**Figura 8**

*Contracción normal y total de la madera de Chrysophyllum spp.*



Suasnabar y Monge (2019), para el caso de *C. sanguinolentum* establecieron una contracción radial de 6,07% (muy alta), tangencial 9,79% (muy alta), volumétrica 15,79% (muy alta) y relación T/R de 1,70% (baja) lo cual indica que es un tipo de madera inestable frente a cambios de humedad catalogada como “nerviosa” (Infomadera, 2010); a diferencia de *Chrysophyllum spp.* que presenta una mayor estabilidad en todas sus contracciones, lo que permite inferir que su comportamiento ante la variación de humedad es mejor.

Por otra parte, el Global Forest y Trade Network (WWF, 2013) determinó para *C. cainito* una contracción tangencial de 11,1% (muy alta), radial 7,90% (muy alta), volumétrica 19% (muy alta) y relación T/R de 1,40% (baja) que se cataloga como madera inconsistente lo que permite deducir que no es recomendable utilizarla en exteriores debido a su fácil capacidad de absorber o perder agua (Pérez y Acosta, 2007).

### **4.3. Propiedades de trabajabilidad**

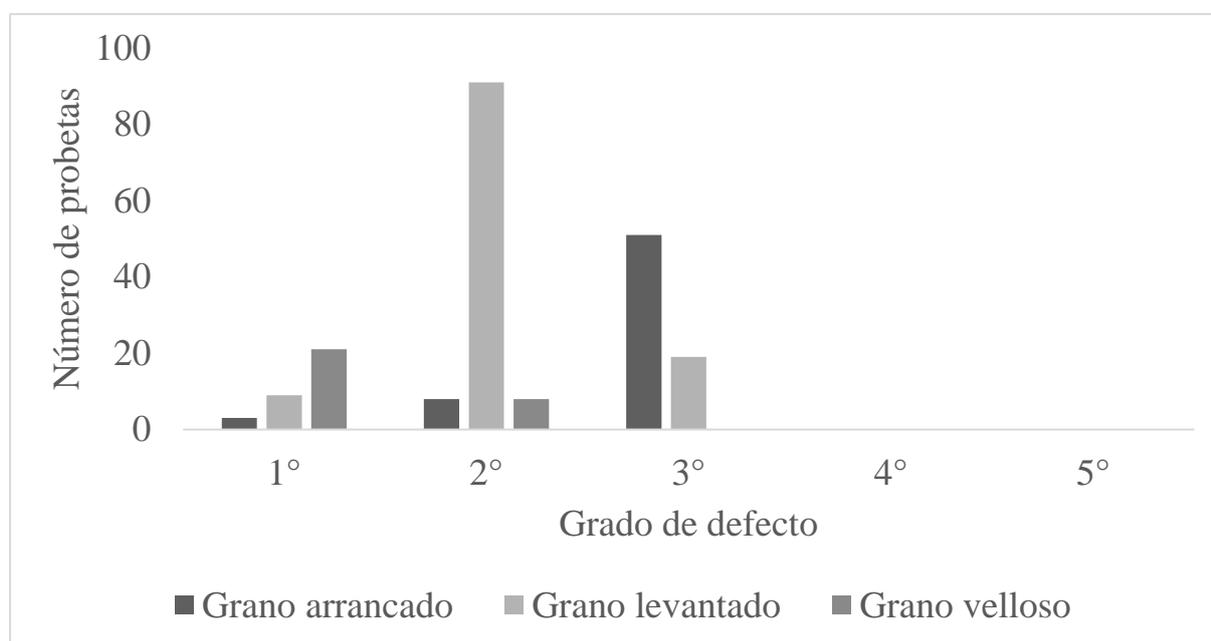
#### **4.3.1. Cepillado**

Con respecto al ensayo de cepillado efectuado en la madera de *Chrysophyllum spp.*, se realizó dos repeticiones a favor y en contra del grano con una velocidad de alimentación promedio de 11,38 m/s, dando como resultado lo siguiente: A favor del grano se obtuvo resultados entre excelente a regular con valores representativos en grado uno, dos y tres en grano arrancado, levantado y veloso que indica la mediana efectividad de la madera en este proceso (ver figura 9).

Por otra parte, en contra del grano el comportamiento de la madera según la evaluación realizada fue medianamente buena ya que, se obtuvo grados entre dos y tres en grano arrancado y levantado con una leve presencia de grado uno en tipo de grano vellosos (cara tangencial). En base a lo mencionado, se puede aseverar que la madera de la especie en investigación no es muy recomendable y eficiente al momento de cepillarla.

### Figura 9

*Defectos evidenciados en el ensayo de cepillado*



*Nota.* 1°: Grado 1; 2°: Grado 2; 3°: Grado 3; 4°: Grado 4; 5°: Grado 5

En la investigación realizada por Richter, *et al.* (2009) en Colombia establecieron en la especie *Manilkara zapota* (sapotaceae) resultados similares a los de la presente investigación puesto que, muestran que la especie por su alta densidad es difícil de trabajar con herramientas manuales como la cepilladora ocasionando defectos de levantamiento de fibra por su estructura anatómica como lo menciona Zobel y Van Buijtenen (1989).

Los daños más comunes ocasionados por la cepilladora al momento de trabajar con especies de densidad alta como la especie en investigación son: corte por contacto con la herramienta, atrapamiento, proyección de partículas y caídas de objetos por tal motivo, es necesario el uso del equipo de protección personal (EPP) (León, 2014).

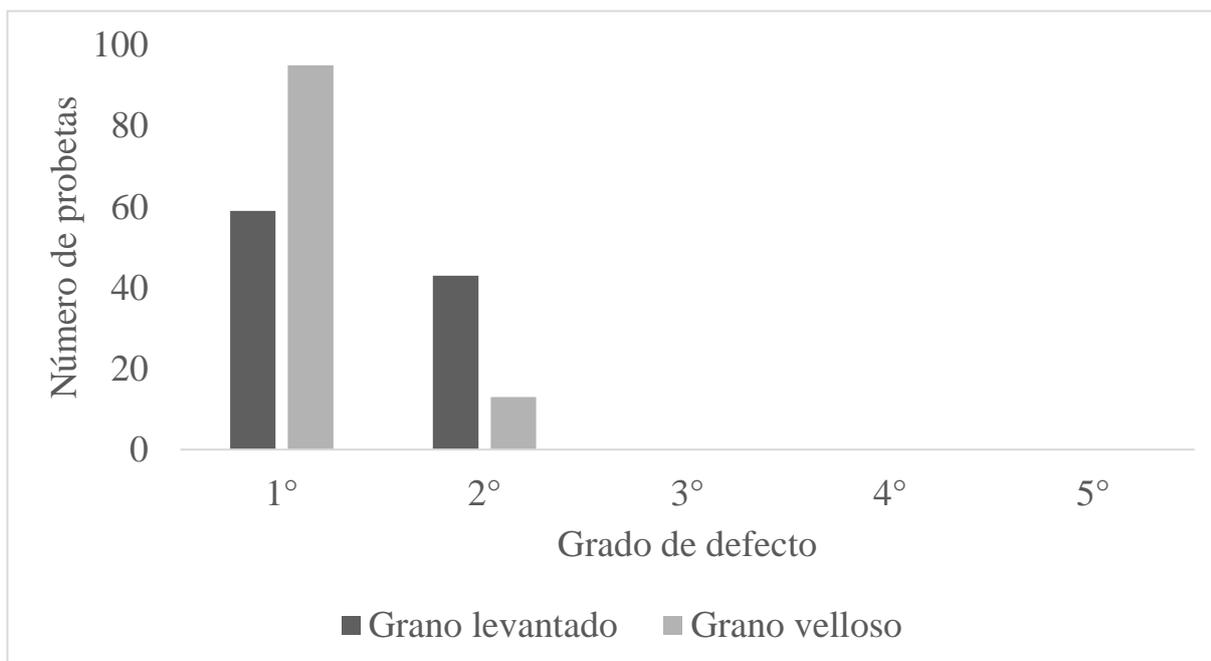
#### 4.3.2. Lijado

Se lo realizó en dos etapas con lija gruesa número 60 y con lija delgada número 100 con las cuales se realizó dos repeticiones a favor y en contra del grano con los siguientes resultados.

En el ensayo realizado con la lija número 60 a favor del grano presenta valores de grado uno con tipo de grano vellosos y levantados, mientras que, en contra del grano, en grados uno y dos con tipo de grano vellosos y levantados que permite inferir una clasificación de excelente y buena, además, de que el grano levantado es el más frecuente en el ensayo (ver figura 10).

#### Figura 10

*Defectos evidenciados en el ensayo de lijado, lija 60*

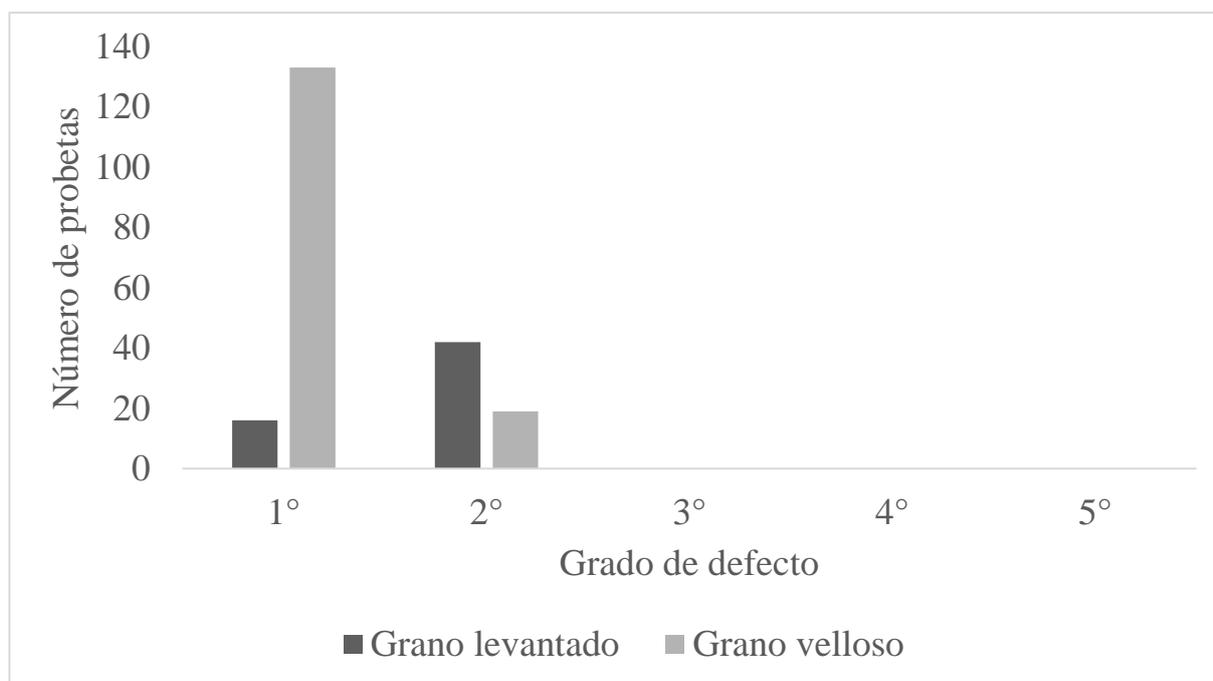


*Nota.* 1°: Grado 1; 2°: Grado 2; 3°: Grado 3; 4°: Grado 4; 5°: Grado 5

Por su parte, en el ensayo realizado con la lija número 100, se evaluó la efectividad de la madera de la especie en mención para este tipo de trabajo generado con lo cual se obtuvo un resultado excelente a favor del grano con valores representativos en grado uno y con tipo de grano vellosa, mientras que, en contra del grano se obtuvo un resultado de excelente a bueno con grados uno y dos en tipo de grano vellosa y levantado (ver figura 11). En base a lo expuesto la madera de *Chrysophyllum argenteum Jacq.*, posee buena trabajabilidad en procesos con maquinaria la cual no presenta defectos severos esto debido a la alta densidad.

### Figura 11

*Defectos evidenciados en el ensayo de lijado, lija 100*



**Nota.** 1°: Grado 1; 2°: Grado 2; 3°: Grado 3; 4°: Grado 4; 5°: Grado 5

Según Ornelas (2015) en su estudio con la especie *Manikara bidentata (A.D.C) Chev.* (sapotaceae) indica que la función de la lija 60 es eliminar la astilla levantada o irregularidades de la superficie surgidas durante el desbaste de la madera, lo cual se presentó en la especie en investigación comúnmente por su rigidez y resistencia. Además, la función de la lija 100 es

pulir la superficie dando una cara de calidad con el acabado que en conjunto con las características organolépticas de la especie dan un valor agregado a su importancia (Puertas, Guevara, y Espinoza, 2013).

Por otra parte, en la investigación de Cordero (2000) para *Chrysophyllum spp.* menciona que es moderadamente difícil de trabajar a causa de la presencia de sílice que produce un mellado rápido de las herramientas, pero en cuanto a lijado se logró superficies planas libres de defectos de la madera aserrada tangencialmente, pero las superficies radiales muestran grano mechudo.

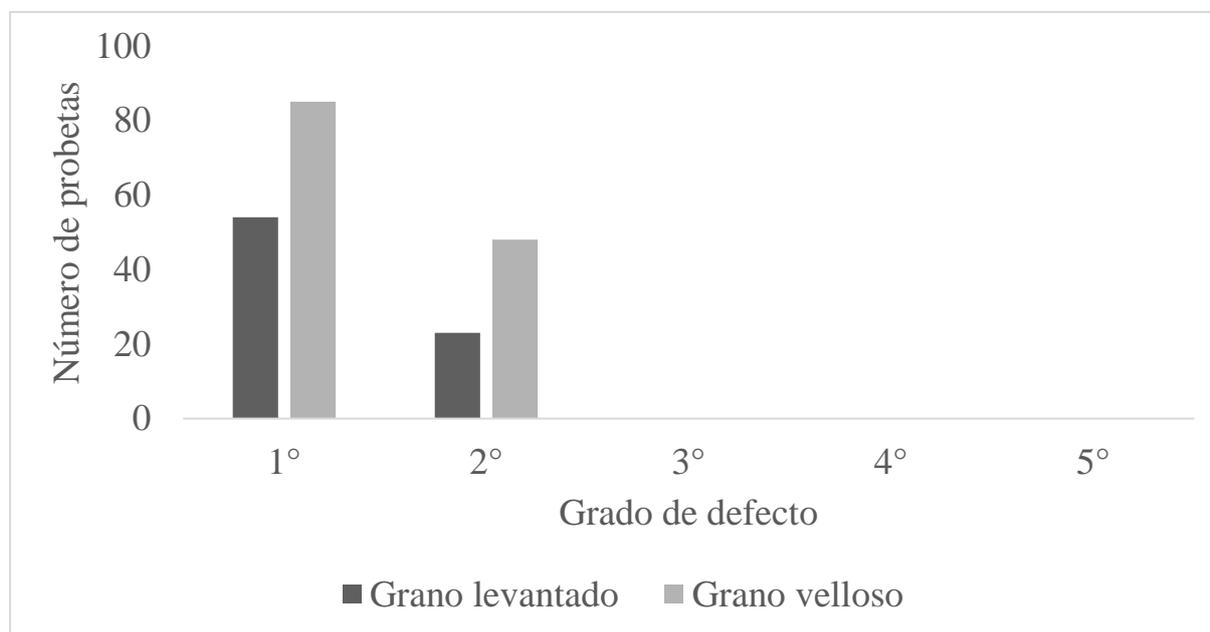
#### **4.3.3. Moldurado**

Con la fresadora marca Dewalt modelo DW616 de 24,500 revoluciones por minuto y una broca curva de  $\frac{3}{4}$  de pulgada se realizó dos repeticiones a favor y en contra del grano a los extremos laterales de cada probeta. Los resultados obtenidos de la especie investigada son de excelente a bueno a favor del grano con grados uno y dos en tipo de grano veloso y levemente en levantado (ver figura 12).

Por otra parte, en contra del grano los resultados coinciden con los anteriores ya que, la clasificación es de excelente a bueno con grados uno y dos en tipo de grano veloso y levemente en levantado, en base a la evaluación tanto a favor como en contra del grano se da un rango general muy alto de grado uno mostrando la eficacia de la especie frente a este proceso con maquinaria.

**Figura 12**

*Defectos evidenciados en el ensayo de moldurado*



**Nota.** 1°: Grado 1; 2°: Grado 2; 3°: Grado 3; 4°: Grado 4; 5°: Grado 5

Richter, *et al.* (2009) en su investigación con *Manilkara zapota* determinaron que la especie muestra muy buena trabajabilidad en todas las operaciones de maquinado con herramientas provistas de filos reforzados y, además, posee muy buen comportamiento al escopleado y moldurado, en concordancia con León y Millan (1985) que establecieron para *Manikara bidentata* una valoración de moderadamente difícil a difícil para trabajarla ya que, debe emplearse herramientas y sierras de metal duro.

Finalmente, la Confederación Peruana de la Madera (CPM, 2008) plantearon para *Lucuma dolichophylla Standley* (sapotaceae) una trabajabilidad excelente, cepillado y torneado buenos, taladrado regular y moldurado bueno. Las semejanzas en el presente ensayo por parte de las especies citadas son característica principal de la familia *sapotaceae* que a pesar de poseer una resistencia mecánica alta (Oshiro, 2016) proporcionan una buena trabajabilidad en sus especies.

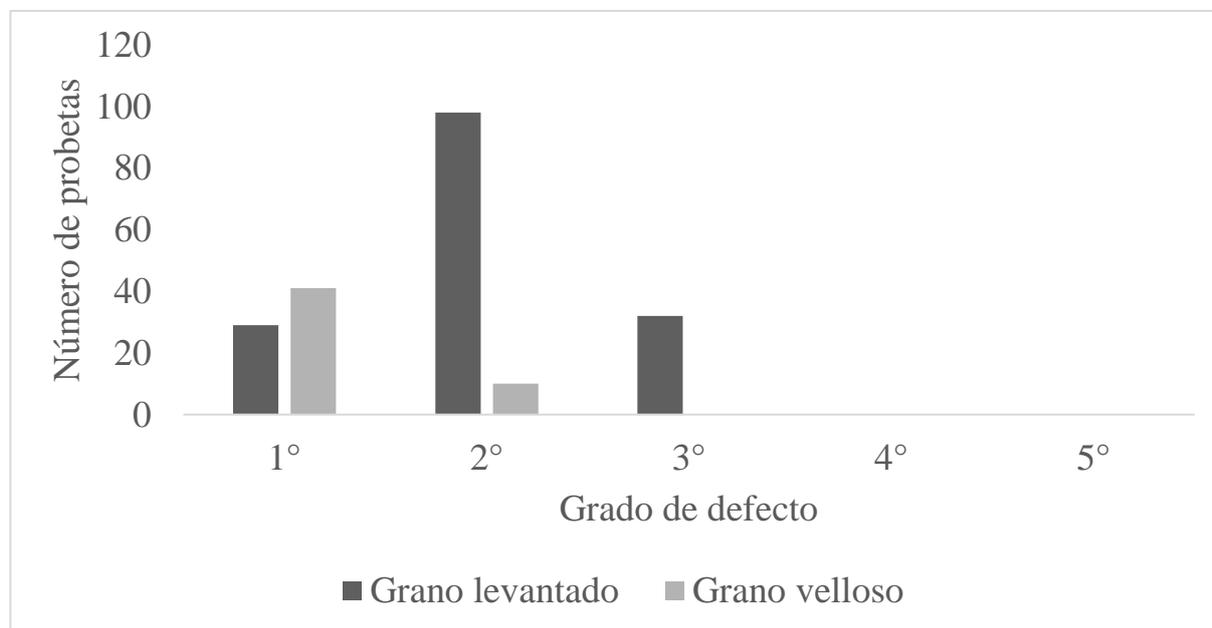
#### 4.3.4. Taladrado

En el ensayo de taladrado se utilizó un taladro fijo y una broca de media pulgada en el cual se observó que la madera de la especie estudiada presenta resultados de excelente a bueno en la entrada de la broca con grados de uno a dos en tipo de grano velloso y levantado (ver figura 13).

Por su parte, en la salida de la broca la mayor incidencia se obtuvo en cuanto a tipo de grano levantado en grados dos y tres, presencia leve de grado uno (cara tangencial). La mayor presencia de grano levantado se debe directamente a que la madera de esta especie en específico posee una densidad alta lo que provoca que al momento de entrar y salir la broca se generen rupturas de la fibra y se evidencie en gran cantidad estos defectos.

**Figura 13**

*Defectos evidenciados en el ensayo de taladrado*



*Nota.* 1°: Grado 1; 2°: Grado 2; 3°: Grado 3; 4°: Grado 4; 5°: Grado 5

En su investigación la Comisión de Biodiversidad en Bosques de Producción y Mercados Certificados (2012) indica que *Manilkara zapota* presenta una mediana trabajabilidad para el taladrado por su dureza y resistencia, mientras que, para Richter, *et al.* (2009) para la misma especie establece que para atornillar es imprescindible perforarla previamente corroborando lo mencionado por el autor respecto a su dureza.

Por otra parte, para la Confederación Peruana de la Madera (CPM, 2008) para *Lucuma dolichophylla Standley* exponen que el taladrado es regular, a diferencia de Cedaf (2008) para *Manilkara bidentata (A. DC.) Chev.* que estableció excelencia para el taladrado, moderado para cepillado y pobre para torneado, esto debido a la estructura anatómica de cada especie y factores ambientales (Zobel y Van Buijtenen, 1989). Lo expuesto tiene similitud al presente estudio con la especie en investigación ya que presentó rupturas de fibra y gran cantidad de defectos.

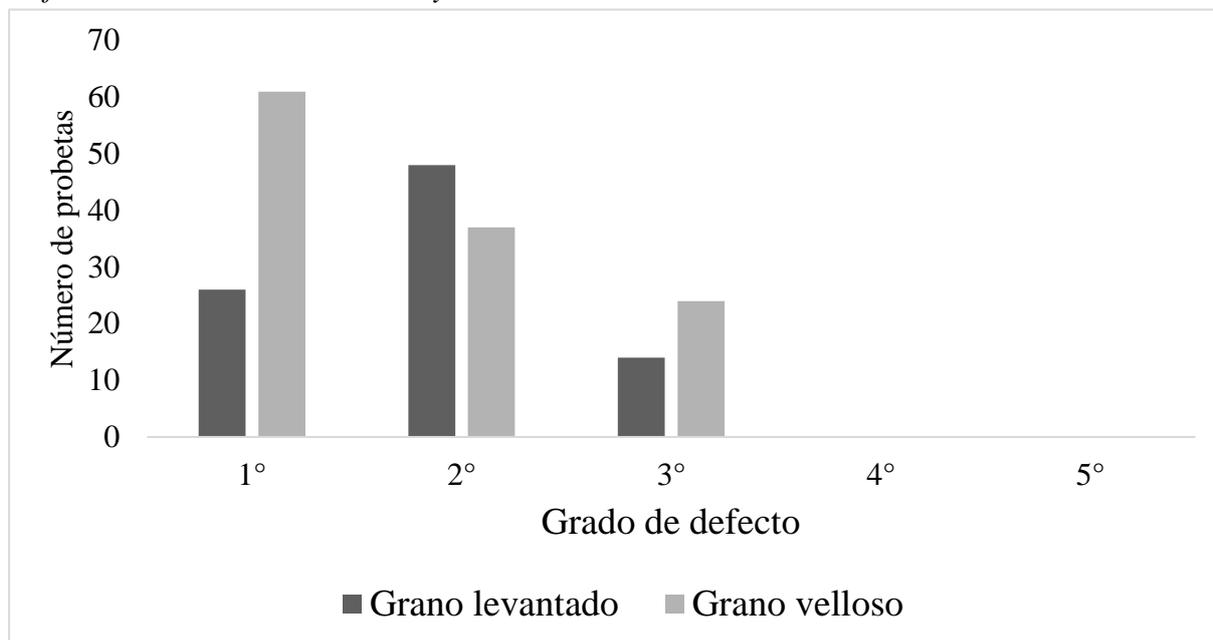
#### **4.3.5. Torneado**

Los resultados obtenidos en el ensayo de torneado evidencian que la madera de *Chrysophyllum spp.*, tiene un comportamiento de excelente a levemente regular a favor del grano en los grados uno, dos y tres en tipo de grano velloso y levantado (ver figura 14). A diferencia de en contra del grano que el comportamiento es distinto con resultados de excelente a bueno y leve presencia de regular con grados uno, dos y bajo en grado tres en tipo de grano velloso y levantado.

Los resultados se dan debido a la densidad de la madera y su dureza, si bien el resultado del proceso de torneado es bueno, es necesario pulir o eliminar los defectos por lo que se recomienda usar lija número 60 y posteriormente número 100 para mejorar el acabado de la misma, en caso que se realice algún tipo de trabajo artesanal o de mueblería en específico.

**Figura 14**

*Defectos evidenciados en el ensayo de torneado*



**Nota.** 1°: Grado 1; 2°: Grado 2; 3°: Grado 3; 4°: Grado 4; 5°: Grado 5

La especie en investigación presenta una valoración buena de torneado, estos resultados concuerdan con Oshiro (2016) en Perú en el cual exponen para *Pouteria torta* que la madera es abrasiva, con una resistencia mecánica alta, buena trabajabilidad, cepillado y torneado buenos, taladrado regular y moldurado bueno.

#### **4.4. Usos probables de *Chrysophyllum* spp.**

La determinación de los posibles usos se realizó en función de la comparación de los usos de las especies que poseen propiedades similares a los de la especie en estudio (ver tabla 14).

**Tabla 14***Usos de especies de densidad tipo "A"*

<b>País</b>	<b>Autor</b>	<b>Especie</b>	<b>Densidad básica (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Usos</b>
Colombia	Ministerio del Medio Ambiente de Colombia (2002)	<i>Minquartia guianensis Aubl.</i>	0,93	Construcciones pesadas (traviesas de ferrocarril, puentes), pisos, muebles y postes.
Colombia	Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI (2002)	<i>Osteophloeum platyspermum (Spruce ex A.DC.) Warb.</i>	0,76	Fabricación de chapas desenrolladas, triplex, chapas decorativas, cajonería y carpintería.
Perú	Ministerio del Medio Ambiente de Colombia y el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI (2002)	<i>Platymiscium pinnatum (Jacq.) Dugand</i>	1,02	Fabricación de muebles, en ebanistería, carpintería, remos y canoas, como usos potenciales se tienen la fabricación de traviesas, construcciones pesadas, pisos, chapas decorativas, tornería, carrocerías, instrumentos musicales (marimbas y violines), artículos deportivos, mangos para herramientas, esculturas, parquet y vigas.
Brasil	Ministerio del Medio Ambiente de Colombia y el Instituto Amazónico de	<i>Terminalia amazonia (J.F. Gmel.) Exell</i>	0,75	Chapas decorativas, artesanías, parquet, encofrados, construcciones de botes, tornería, construcciones exteriores,

	Investigaciones Científicas SINCHI (2002)			vigas, tableros de partículas, plataformas de carga, postes y construcciones generales.
Brasil	Ministerio del Medio Ambiente de Colombia (2002)	<i>Brosimum rubescens Taub.</i>	1,10	Tornería, construcciones, pisos, parquet, chapas decorativas, revestimiento de interiores y muebles finos.
Ecuador	Garzón (2022)	<i>Chrysophyllum spp.</i>	0,82	Estructuras como pilotes, elementos de puentes, durmientes, vigas, columnas, puntales, pisos (duelas, tablones, tabloncillos, parquet), soleras y travesaños, para recubrimiento en: puertas, ventanas, pasamanos, y molduras; en tabiquería, ebanistería, muebles tallados y en chapas decorativas.

---

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- La especie en investigación se identificó a nivel de género el cual es *Chrysophyllum* debido a la ausencia de la etapa de floración en el lapso de desarrollo de la investigación que ocasionó la recolección infértil de muestras botánicas; en cuanto a las características anatómicas de *Chrysophyllum spp.*, son: color marrón amarillento 10YR 5/6, la transición entre albura y duramen es diferenciada, sabor astringente, olor agradable en condición verde y desagradable en condición anhidra, anillos de crecimiento diferenciados, brillo alto, grano ondulado o crespo, textura media y veteado satinado. Poros solitarios y múltiples radiales cortos, porosidad oblicua – radial, parénquima apotraqueal en bandas y radios heterogéneos con células erectas y procumbentes.
- La madera de *Chrysophyllum spp.*, de acuerdo a sus propiedades físicas es considerada madera pesada tipo “A”, con una estabilidad baja en lo que respecta a la contracción según sus caras tangencial y radial, la cual permitiría utilizarse en elementos estructurales preferentemente (vigas, columnas, techos, postes, pisos) debido a su contenido de humedad representativa a la media y densidad básica alta.
- En base a los ensayos de trabajabilidad, la madera de *Chrysophyllum spp.* presenta una buena calidad y podría utilizarse en estructuras, construcciones, para recubrimientos, tabiquería, ebanistería, muebles tallados y en chapas decorativas.

## 5.2. Recomendaciones

- Investigar acerca de la fenología de la especie para conocer su propagación, producción de semillas, silvicultura, entre otros.
- Continuar la investigación del estudio tecnológico a modo de complementación en lo que concierne a durabilidad natural, preservación y propiedades mecánicas y químicas de la especie.
- Mejorar el proceso de secado al ambiente de la madera para minimizar los defectos generados por el alto contenido de humedad y así disminuir el sesgo al momento de realizar el secado anhidro.
- Difundir la especie como una alternativa en la industria de mueblería por el color, dureza, belleza, entre otros., ya que, es excelente en el tipo de trabajo generado.
- Utilizar la información generada en la presente investigación a modo de aprendizaje en las asignaturas de la carrera de Ingeniería Forestal que permitirá aumentar el conocimiento de la especie.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS

- Aguilar, J., & Guzowski, E. (2011). *Madera, materiales y materia prima*.
- Aguirre, Z. (2016). *Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador*. Universidad Nacional de Loja. 1ra edición. Loja – Ecuador. 128
- ASTM. (1992). *"Standard methods of testing small clear specimens of timber"*. USA: Philadelphia, PA.
- Alvarado, C., Darwin, J., & Granda Castillo, R. I. (2016). *Determinación de la madera más óptima comercializada en la ciudad de Riobamba, obteniendo sus propiedades físicas y mecánicas para la aplicación de la Norma NEC-SE-MD para diseño de elementos estructurales*. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo.
- Amoroso, M.M., Suárez, M.A. (2015). *La aplicación del análisis de los anillos de crecimiento a interrogantes ecológicos: Un breve repaso de la Dendroecología en Hispanoamérica*. Ecosistemas 24(2): 1-6. Doi.: 10.7818/ECOS.2015.24-2.01
- Araya, M. (2012). *Manual para la identificación de maderas a nivel macroscópico de 110 especies maderables del Caribe norte de Costa Rica*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica.
- Baradit, E., Niemz, P., y Fernández-Pérez, A. (2013). *Propiedades físico-mecánicas de algunas maderas nativas chilenas coníferas y latifoliadas por ultrasonido*. Maderas. Ciencia y tecnología, 15(2), 235-244.
- Baraño, J., Peñón, E., Craig, E., Cucciuffo, E., & De Falco, P. (2008). *Manual para la identificación de maderas con aumentos de hasta 10x*. Argentina: Universidad Nacional de Luján.

- Benetti, F. (2015). *Estudio de la durabilidad natural y de las propiedades tecnológicas de la madera de Ligustrum lucidum WT Aiton*. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
- Berger, T. (2009). *DESCRIPCIONES DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA*. Editorial Universitaria de la Universidad Nacional de Misiones
- Bone, B. (2019). *La madera*. Obtenido de: <https://es.slideshare.net/cofibone/la-madera-143115713>
- Bustos, J. (2020). *Propiedades Físicas, Mecánicas Y Trabajabilidad de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden Procedente de la Estación Experimental La Favorita, Santo Domingo de los Tsachilas*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Cadena, S., & Enríquez, M. (2013). *"Efecto de Azolla sp., en la Productividad y Mejoramiento del Suelo en la Granja Experimental Yuyucocha, Imbabura"*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra
- Carmona, R., Espinoza, F., y Bull, C. (1997). *INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE LA MADERA EN LA ENCOLABILIDAD DE Pinus radiata D.DON*.
- Centro de Transferencia Tecnológica [CTT] (2001). *Construcción de viviendas en madera*. [https://issuu.com/noelurban/docs/centro\\_de\\_transferencia\\_tecnol\\_gica](https://issuu.com/noelurban/docs/centro_de_transferencia_tecnol_gica)
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Montecristi.
- Cordero, L. (2000). *Propiedades físicas y mecánicas de ciento trece especies*. Turrialba, Costa Rica.
- Confederación Peruana de la Madera [CPM] (2008). *COMPENDIO DE INFORMACION TECNICA DE 32 ESPECIES FORESTALES*. Lima, Perú
- Comisión de Biodiversidad en Bosques de Producción y Mercados Certificados (2012). *Productos forestales certificados*. [http:](http://)

<https://www.gob.mx/conafor/es/documentos/biodiversidad-en-bosques-de-produccion-y-mercados-certificados-27692?state=published>

- Comisión Nacional Forestal [CONAFOR] (2010). *Consideraciones Tecnológicas en la protección de la Madera*. Estados Unidos Mexicanos.
- Cuasquer, J. (2017). *Descripción anatómica y organoléptica de tres especies maderables de la Zona de Intag noroccidente de Ecuador*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Díaz, J., Lira, N., & Muñoz, S. (2005). *Análisis de conservación y estructura celular de la madera de seis canoas monóxilas del centro sur de Chile*. Magallania.
- ECOTEC. (2019). *Morfología de plantas vasculares*. Tema 12: esclerénquima. Obtenido de: [https://www.ecotec.edu.ec/material/material\\_2019D1\\_GIA101\\_01\\_114278.pdf](https://www.ecotec.edu.ec/material/material_2019D1_GIA101_01_114278.pdf)
- Echenique, M., & Robles, F. (1993). *Ciencia y tecnología de la madera I*. Universidad Veracruzana.
- Ecuador Forestal (2012). *Planificación estratégica, transformación y comercialización de madera en el Ecuador*. Quito – Ecuador.
- Fernández, C. (2001). *Composición, Alteraciones y Restauración*. Cantabria: Universidad de Cantabria.
- Ganzhi, J. (2006). *“ESTUDIO ANATÓMICO DE LAS ESPECIES ARBÓREAS DEL BOSQUE NUBLADO DE LA ESTACIÓN CIENTÍFICA SAN FRANCISCO”*. Loja – Ecuador.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia de Santa Rita. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Cantón San Lorenzo-Provincia de Esmeraldas.
- Giménez, A., Moglia, J., Hernández, P., y Gerez., R. (2014). *Anatomía de madera*. Universidad Nacional de Santiago del Estero – Facultad de Ciencias Forestales. 2da edición.

- Goche Télles, J, Velázquez, A., Borja, A., Capulín, J., & Palacios, C. (2011). *Variación radial de la densidad básica en Pinus patula Schlttdl. et Cham. de tres localidades en Hidalgo*. Revista mexicana de ciencias forestales, 2(7), 71-78.
- Global Forest y Trade Network [WWF]. (2013). *Maderas de Colombia*. WWF-Colombia - Programa Subregional Amazonas Norte & Chocó Darién. 88
- Gonzales, E. (2008). *Guía de Contenidos “Identificación Organoléptica y Macroscópica de Maderas Comerciales” Serie I Competencias Básicas para la Producción Industrial de Muebles de Madera*. Lima, Primera edición.
- INEN. (2011). Quito: *Instituto Ecuatoriano de Normalización*.
- INEN 1163. (2012). *Método para la descripción de las características generales macroscópicas y microscópicas*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- International Association of Wood Anatomists. (1989). *List of Microscopic Feature for Hardwood Identification*. Netherlands.
- Infomadera. (2010). *Preservación de la madera*. <http://www.fadu.edu.uy/tesinas/files/2015/12/PRESERVACI%C3%93N-DE-LA-MADERA-ENTREGA-FINAL-CIANCIARULO-LLAMB%C3%8DAS.pdf>
- Jiménez, J. (2011). *Influencia de la humedad de la madera en la evaluación de las propiedades mecánicas del pino silvestre mediante técnicas no destructivas*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Jr. Pérez. (2011). *Humedad*. <http://jrperez.webs.uvigo.es/servicios-madera-humedad>
- Junta del Acuerdo de Cartagena [JUNAC]. (1984). *Manual del Grupo Andino para la Preservación de Maderas Junta del Acuerdo de Cartagena*. Editorial Carvajal.
- Kollman, F. (1968). *Principles of Wood Science and Technology*. Vol. I: Solid Wood. Springer Verlag. New York.

- Knigge W.; Koltzemburg, C. (1965) *The influence of timber qualities and ecological conditions on the cells sizes and on the proportions of types of cells in hardwoods in temperate zones*. IUFO Sect 41 Comm Fiber Char Melbourne, Australia, Vol 2, 51 p.
- Latorre, J., y Benlloch, J. (2015). *CLASIFICACIÓN DE LA MADERA: ADSORCIÓN DE HUMEDAD. PINO SILVESTRE Y LAUAN*. Escuela Técnica Superior en Ingeniería de Edificación. 119
- León, W. (2014). *Seguridad en el trabajo*. México
- Londoño, A. (2008). *Apuntes para el curso de anatomía y tecnología de maderas*. Ibagué: Universidad del Tolima.
- Maderea. (2018). *Tema 1: Descripción de la madera. MÓDULO I: APROXIMACIÓN INICIAL AL MATERIAL MADERA*. Obtenido de: [https://www.maderea.es/imágenes/2018/04/1\\_Descripcio%CC%81n-de-la-madera-1.pdf](https://www.maderea.es/imágenes/2018/04/1_Descripcio%CC%81n-de-la-madera-1.pdf)
- Manrique, J. (2015). *MAQUINADO DE LA MADERA DE (Lonchocarpus rugosus Benth) KANATZÍN EN EL SUR DE QUINTANA ROO*. Quintana Roo. [http://www.itzonamaya.edu.mx/web\\_biblio/archivos/res\\_prof/for/for-2015-5.pdf](http://www.itzonamaya.edu.mx/web_biblio/archivos/res_prof/for/for-2015-5.pdf)
- Martínez, J., Simbaña, S., & Carlos, J. (2018). *Propiedades físico-mecánicas del eucalipto y aplicación al diseño estructural de una vivienda parte de una granja integral, ubicada en el IASA 1*. Sangolquí. ESPE
- Meneses Tirira, O. S. (2013). *Identificación de usos probables de PINUS PATULA SCHLECT. ET CHAM. Con base en la determinación de las propiedades físico-mecánicas y de trabajabilidad de la madera en Iltaqui- Cotacachi- Imbabura*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Mediavilla, F. (2016). *Propiedades físicas, químicas y de trabajabilidad de la madera de alnus nepalensis d. don en Intag, zona Andina del Ecuador*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra

- Meneses, S. (2011). *Identificación de Usos Probables de Pinus patula Schlect.et Cham. Con Base en la Determinación de las Propiedades Físico-Mecánicas y de Trabajabilidad de la Madera en Itaqui – Cotacachi – Imbabura*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE] (2015). *Estadísticas de Patrimonio Natural*.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE] (2014). *PROPIEDADES ANATÓMICAS, FÍSICAS Y MECÁNICAS DE 93 ESPECIES FORESTALES*. Quito – Ecuador
- Ministerio del Ambiente de Colombia e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI (2002). *Manual de identificación de especies maderables objeto de comercio en la Amazonia colombiana*. Bogotá DC, Colombia.
- Millacan, T. (2020). *Características organolépticas o estéticas de la madera*. <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-del-comahue/dendrologia/caracteristicas-organolepticas-de-la-madera/8058159>
- Moya, R. (2010). *Efecto de las propiedades físicas y químicas del suelo en algunas propiedades de la madera de teca (Tectona grandis)*. Revista Árvore, 34(6), 1109- 1118.
- Monge, W y Suasnabar, C. (2019). “*CARACTERÍSTICAS ANATOMÍCAS Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE TRES ESPECIES FORESTALES, ISCOZACÍN, OXAPAMPA – PASCO*”. Huancayo – Perú. 127
- Moglia, J. G. y Giménez, A. M. 1998. *Rasgos anatómicos Característicos del Hidrosistema de las principales especies arbóreas de la Región Chaqueña Argentina*. Revista de Investigación Agraria Sistema y Recursos Forestales. ISSN 1131-7965. Vol. 7. Nº1 y 2. 53-71.
- Monteoliva, S., Ciganda, V., e Igartúa, D. (2012). *CONTENIDO DE DURAMEN Y DE ALBURA EN EUCALYPTUS GLOBULUS Y ACACIA MELANOXYLON IMPLANTADAS EN ARGENTINA*. Maderas. Ciencia y tecnología, 14(1): 53-63. DOI 10.4067/S0718-221X2012000100005

- Morales, E. (2003). *Humedad de equilibrio higroscópico y sus valores característicos*. BOLETÍN DE INFORMACIÓN TÉCNICA N° 226
- Norton. (2018). *La importancia del lijado de madera*. <https://www.nortonabrasives.com/es-ec/resources/expertise/la-importancia-de-lijado-de-madera>
- Ordoñez, J., Galicia, A., Venegas, N., Hernández, T., Ordoñez, M. y Dávalos, R. (2015). *Densidad de las maderas mexicanas por tipo de vegetación con base en la clasificación de J. Rzedowski: compilación*. Madera y Bosques. 77 – 126
- Organización Internacional de Maderas Tropicales [OIMT] (2012). *Plan de Acción de la OIMT 2008 – 2012*.
- Ornelas, A. (2015). *DEFECTOS MAS FRECUENTES EN LA TRABAJABILIDAD DE LA MADERA Guasuma ulmifolia Lam (Pixoy), A UN CONTENIDO DE HUMEDAD DEL 18%*. Juan Sarabia, Quintana Roo
- Oshiro, M. (2016). *FICHA ESTÁNDAR DE FAMILIA DEL CATÁLOGO DE BIENES, SERVICIOS Y OBRAS DEL MEF*. Perú
- Palacios W. (2011). *Familias y géneros arbóreos del Ecuador. Ministerio del Ambiente del Ecuador/FAO/Finlandia*. Quito, Ecuador. 122
- Palacios, W. (2017). *Chrysophyllum spp., especie forestal con gran potencial*. Cinchonía, 6.
- Pérez, C., Dávalos, R., Limón, R., y Quintanar, A. (2015). *Características tecnológicas de la madera de dos especies de Quercus de Durango, México*. Madera y Bosques. vol. 21, núm. 3: 19-46
- Puertas, P., Guevara, C., & Espinoza, M. (2013). *Manual de Transformación de la Madera*. Lima.
- Pérez, N., Valenzuela, L., Díaz, J., y Ananías, R. (2011). *PREDICCIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE EQUILIBRIO DE LA MADERA EN FUNCIÓN DEL PESO*

*ESPECÍFICO DE LA PARED CELULAR Y VARIABLES AMBIENTALES*. Maderas. Ciencia y tecnología 13(3): 253-266

Richter, H., Silva, J., Fuentes, F., Rodríguez, R., y Torres, P. (2009). *Fichas de Propiedades Tecnológicas de las Maderas*. México

Ruíz, J. (2020). *Propiedades Físicas, Mecánicas y Trabajabilidad de Fresno (Fraxinus americana L.) Proveniente de la Estación Experimental "La Favorita", Santo Domingo de los Tsáchilas*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra.

Ruiz, F., Gonzales, M., Valdés, J., y Romero, A. (2016). *Estructura anatómica de la madera de dos encinos de Oaxaca Madera y Bosques*, vol. 22, núm. 1, 2016, pp. 179-189. Xalapa, México.

Secretaría Nacional Planifica Ecuador [SENPLADES]. (2021). *Plan Nacional de Desarrollo 2021-2025*. Quito: Senplades.

Turpo, J. (2015). *Glosario de anatomía de la madera*. Obtenido de: <https://www.monografias.com/trabajos87/glosario-anatomia-madera/glosario-anatomia-madera.shtml>

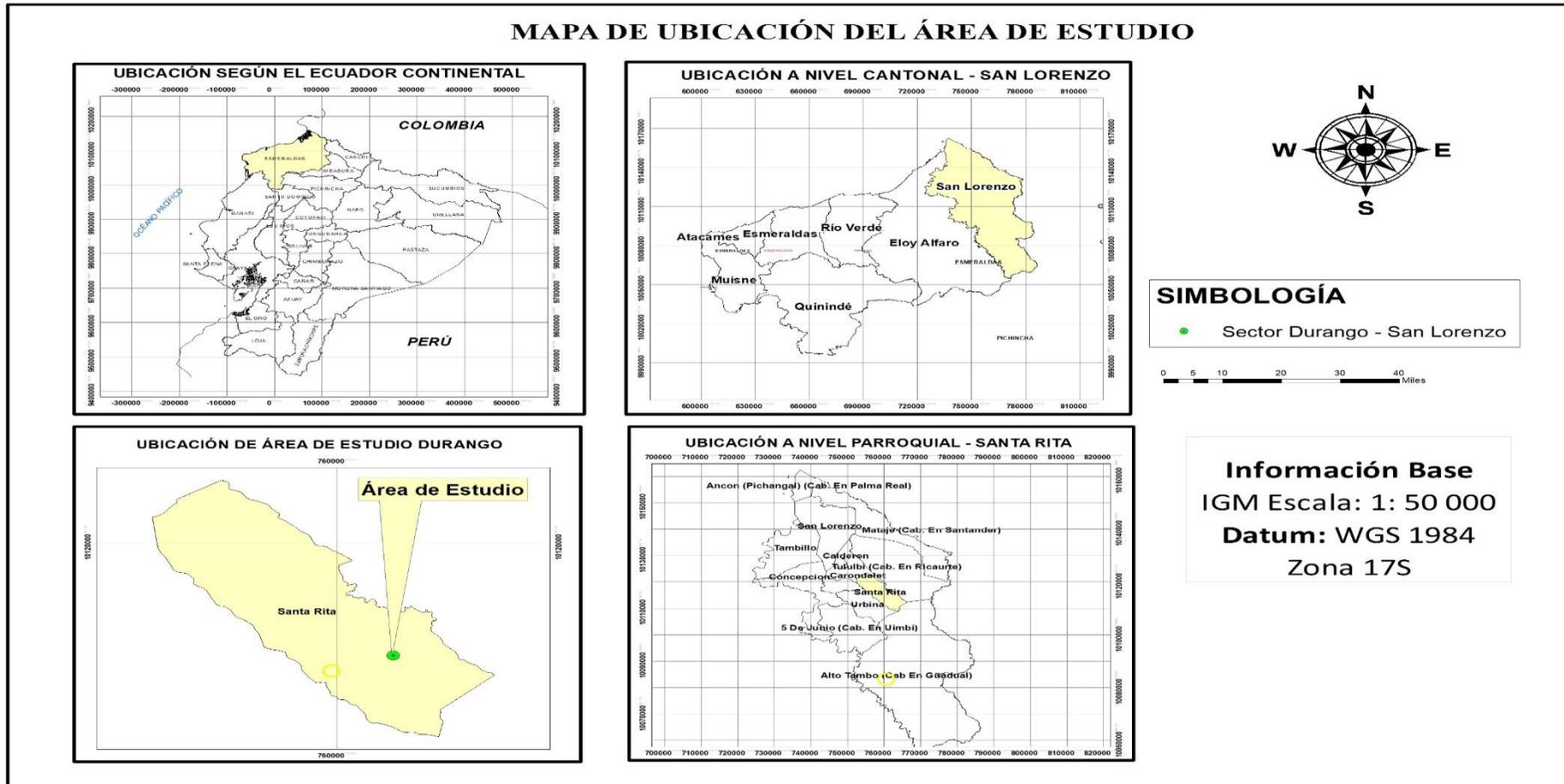
ZOBEL, J.B.; BUJTENEN, J.P. (1989). *Wood variation: its causes and control*. New York: Springer-Verlag, 363p.

## CAPÍTULO VII

### ANEXOS

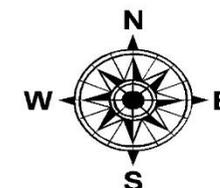
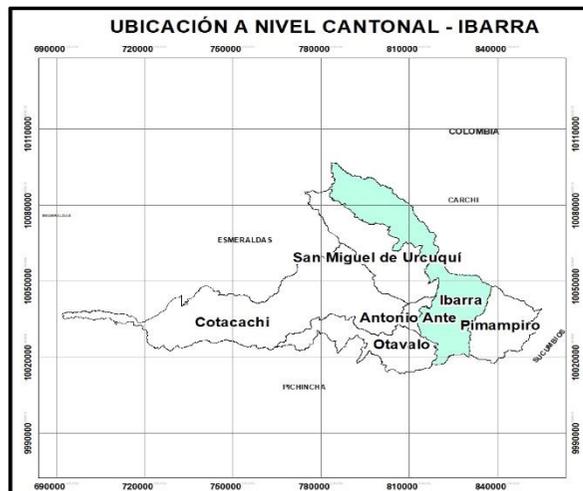
#### Anexo A: Mapas

#### Anexo A1: Mapa de ubicación del área de estudio



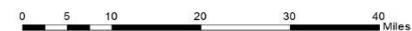
## Anexo A2: Mapa de ubicación de laboratorios

### MAPA DE UBICACIÓN DE LABORATORIOS



#### SIMBOLOGÍA

- Predio Universitario de Yuyucocha



**Información Base**  
 IGM Escala: 1: 50 000  
 Datum: WGS 1984  
 Zona 17S

**Anexo B: Matrices****Propiedades físicas****Anexo B1: Estadística descriptiva de la densidad**

<b>Estimador estadístico</b>	<b>Unidad</b>	<b>Media</b>	<b>Suma</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Error estándar</b>	<b>CV</b>	
<b>Densidad</b>	<b>Verde</b>	gr/cm <sup>3</sup>	1.12	54.95	0.03	0.01	2.70
	<b>Seca al aire</b>	gr/cm <sup>3</sup>	0.92	45.23	0.04	0.02	3.10
	<b>Seca al horno</b>	gr/cm <sup>3</sup>	0.87	42.78	0.02	0.01	2.77
	<b>Básica</b>	gr/cm <sup>3</sup>	0.82	39.99	0.02	0.01	2.75

**Propiedades de trabajabilidad****Anexo B2: Resultados generales del ensayo de cepillado**

<b>Defectos</b>	<b>Cepillado Clasificación</b>				
	<b>Grado 1</b>	<b>Grado 2</b>	<b>Grado 3</b>	<b>Grado 4</b>	<b>Grado 5</b>
Grano arrancado	3	8	51	0	0
Grano levantado	9	91	19	0	0
Grano veloso	21	8	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>107</b>	<b>70</b>		

**Anexo B3: Resultados generales del ensayo de lijado con lija # 60**

<b>Defectos</b>	<b>Lijado Clasificación</b>				
	<b>Grado 1</b>	<b>Grado 2</b>	<b>Grado 3</b>	<b>Grado 4</b>	<b>Grado 5</b>
Grano arrancado	0	0	0	0	0
Grano levantado	59	43	0	0	0
Grano veloso	95	13	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>154</b>	<b>56</b>			

**Anexo B4:** Resultados generales del ensayo de lijado con lija # 100

Defectos	Lijado Clasificación				
	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4	Grado 5
Grano arrancado	0	0	0	0	0
Grano levantado	16	42	0	0	0
Grano vellosos	133	19	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>149</b>	<b>61</b>			

**Anexo B5:** Resultados generales del ensayo de moldurado

Defectos	Moldurado Clasificación				
	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4	Grado 5
Grano arrancado	0	0	0	0	0
Grano levantado	54	23	0	0	0
Grano vellosos	85	48	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>139</b>	<b>71</b>			

**Anexo B6:** Resultados generales del ensayo de taladrado

Defectos	Taladrado Clasificación				
	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4	Grado 5
Grano arrancado	0	0	0	0	0
Grano levantado	29	98	32	0	0
Grano vellosos	41	10	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>70</b>	<b>108</b>	<b>32</b>		

**Anexo B7:** Resultados generales del ensayo de torneado

Defectos	Torneado Clasificación				
	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4	Grado 5
Grano arrancado	0	0	0	0	0
Grano levantado	26	48	14	0	0
Grano vellosos	61	37	24	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>87</b>	<b>85</b>	<b>38</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## Anexo C: Registro fotográfico

### Anexo C1: Predios del Sr. Oscar Arias y obtención del del material experimental



**Figura 15.** Árbol de caimitillo (*Chrysophyllum spp.*)



**Figura 16.** Aprovechamiento de especímenes escogidos



**Figura 17.** Troceado de bloques



**Figura 18.** Escuadrado de bloques



**Figura 19.** Ubicación de material experimental en el Predio Universitario de Yuyucocha



**Figura 20.** Ubicación de material experimental en la Central de Innovación de la madera.

## C2: Características anatómicas



**Figura 21.** Cocción de cubos



**Figura 22.** Cubos en reposo en agua destilada



**Figura 23.** Corte de láminas a partir de los cubos



**Figura 24.** Lavado de láminas



**Figura 25.** Observación y descripción de placas



**Figura 26.** Montaje y etiquetado de placas

**C3: Propiedades físicas****Figura 27.** Conversión de bloques a probetas**Figura 28.** Codificación de probetas**Figura 29.** Toma de datos correspondientes**Figura 30.** Toma de datos correspondientes**Figura 31.** Secado al aire de probetas**Figura 32.** Secado anhidro de probetas

#### C4: Propiedades de trabajabilidad



**Figura 33.** Probetas para los diferentes ensayos



**Figura 34.** Ensayo de cepillado



**Figura 35.** Ensayo de lijado



**Figura 36.** Ensayo de moldurado



**Figura 37.** Ensayo de taladrado



**Figura 38.** Ensayo de torneado