



# **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 Ingeniera Forestal**

**ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, ANATÓMICAS  
Y TRABAJABILIDAD DE LA MADERA DE *Juglans neotropica*  
Diels. CARCHI, ECUADOR**

**AUTORA**

Villota Guerrón Evelyn Larissa

**DIRECTOR**

Ing. Chagna Avila Eduardo Jaime, MSc.

**IBARRA – ECUADOR**

2023

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, ANATÓMICAS Y TRABAJABILIDAD DE  
LA MADERA DE *Juglans neotropica* Diels. CARCHI, ECUADOR

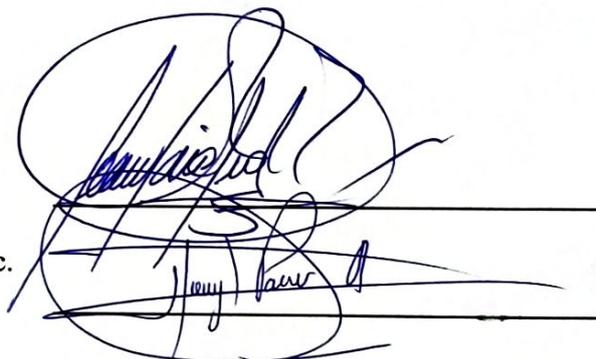
Trabajo de titulación revisado por el comité asesor, por lo cual se autoriza la presentación  
como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERA FORESTAL**

**APROBADO**

Ing. Eduardo Jaime Chagna Ávila, MSc.  
**Director de trabajo de titulación**

Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez, MSc.  
**Opositor de trabajo de titulación**



**Ibarra – Ecuador**

2023



# 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 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>	040170670-0		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Villota Guerrón Evelyn Larissa		
<b>DIRECCIÓN:</b>	San Pedro de Huaca		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:elvillotag@utn.edu.ec">elvillotag@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0989431745
DATOS DE LA OBRA			
<b>TÍTULO:</b>	ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, ANATÓMICAS Y TRABAJABILIDAD DE LA MADERA DE <i>Juglans neotropical</i> Diels. CARCHI, ECUADOR		
<b>AUTOR/A:</b>	Villota Guerrón Evelyn Larissa		
<b>FECHA: (dd/mm/aaaa)</b>	06/06/2023		
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>	Ingeniera Forestal		
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. Eduardo Jaime Chagna Avila, MSc		

## CONSTANCIA

La autora 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, a los 06 días del mes de junio de 2023

## LA AUTORA

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Larissa Villota', written over a horizontal line.

---

Villota Guerrón Evelyn Larissa

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA - UTN

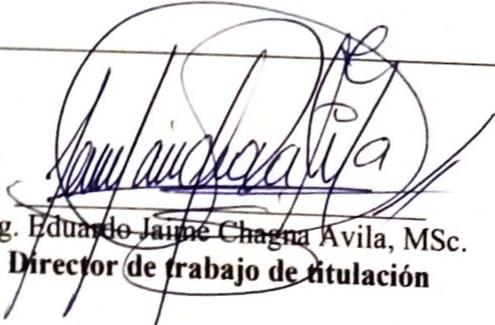
**Fecha:** 06 de junio de 2023

Evelyn Larissa Villota Guerrón: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, ANATÓMICAS Y TRABAJABILIDAD DE LA MADERA DE *Juglans neotropica* Diels. CARCHI, ECUADOR** /Trabajo de titulación. Ingeniera Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 102 páginas.

**DIRECTOR:** Ing. Eduardo Jaime Chagna Avila, MSc.

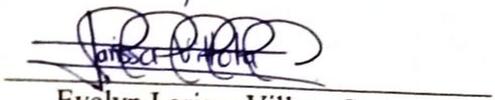
El objetivo principal de la presente investigación fue. Determinar las propiedades tecnológicas de la madera de *Juglans neotropica* Diels procedentes de la provincia del Carchi, Ecuador.

Entre los objetivos específicos se encuentran: Describir las características anatómicas de la madera de *Juglans neotropica* Diels, establecer las propiedades físicas de *Juglans neotropica* Diels, determinar las propiedades de trabajabilidad y los posibles usos de la madera de esta especie



Ing. Eduardo Jaime Chagna Avila, MSc.  
**Director de trabajo de titulación**

**Fecha:** 06 de junio de 2023



Evelyn Larissa Villota Guerrón  
**Autora**

## **DEDICATORIA**

Dedico mi trabajo principalmente a Dios y a la Purita, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta.

A mis queridos padres Iván y Narciza pues sin ellos nada de esto fuera posible, sus consejos y bendiciones me acompañaron durante toda mi vida al igual que sus esfuerzos, por eso todos mis logros se los dedico a ellos. Sin ellos no fuese nada.

Los amo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al ver el resultado logrado con este trabajo, solamente se me ocurre una palabra: ¡Gracias!

A Dios a mis padres y a la vida por permitirme cumplir mis sueños, por el apoyo incondicional, sus enseñanzas y los esfuerzos realizados para culminar mi carrera.

A mi director y opositor: Ing. Eduardo Chagna, MSc e Ing. Carlos Arcos, MSc, por impartir su conocimiento por su disposición y apoyarme durante el trascurso de la investigación.

A los ingenieros Hugo Paredes, MSc y Guillermo Varela, MSc por la ayuda prestada en el manejo de equipos, así como también por sus sugerencias y aportes a la investigación.

A mis amigos por los años compartidos, por las experiencias vividas, por las locuras, las risas, los llantos y por el “Que importa lo hacemos por la anécdota”, me llevo los mejores recuerdos y las mejores amistades un gracias total en especial a mi grupito de “vinculación”; Joselyn, Liseth, Giss, Ronny, Cristian, Lenin, Negrita, Patiño, Alba.

A Stalin, Bryan, Ankaly y Kevin por su amistad, acompañamiento, sugerencias, aportes y palabras de aliento para culminar con la investigación.

Mi más profundo agradecimiento

## **LISTA DE SIGLAS**

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

**BSF.** Bosque sin Fronteras

**COA.** Código Orgánico del Ambiente del Ecuador

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

**COPANT.** Comisión Panamericana de Normas Técnicas

**CH.** Contenido de humedad.

**IAWA.** International Association of Wood Anatomists

**INEN.** Instituto Ecuatoriano de Normalización

**INAMHI.** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – Ecuador

**KRIBS.** Apellido del clasificador de los tipos de radios

**MAATE.** Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica

**NEC.** Norma Ecuatoriana de construcción

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPITULO I</b> .....	1
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Objetivos.....	4
<i>1.1.1 Objetivo General</i> .....	4
<i>1.1.2 Objetivos Específicos</i> .....	4
1.2 Preguntas de investigación .....	4
<b>CAPÍTULO II</b> .....	5
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	5
2.1 Fundamentación legal.....	5
<i>2.1.1 Constitución de la República del Ecuador (2008)</i> .....	5
<i>2.1.2 Código Orgánico del Ambiente (COA)</i> .....	5
<i>2.1.3 Plan de creación de oportunidades 2021 – 2025</i> .....	6
<i>2.1.4 Línea de investigación</i> .....	6
<i>2.1.5 Códigos de ética en el proceso de investigación</i> .....	6
2.2 Fundamentación teórica.....	6
<i>2.2.1 Características de la especie</i> .....	6
<i>2.2.2 Características de la madera</i> .....	8
<i>2.2.3 Propiedades anatómicas</i> .....	11

2.2.4 Características organolépticas.....	18
2.2.5 Propiedades físicas.....	20
2.2.6. Propiedades de trabajabilidad.....	27
<b>CAPITULO III</b> .....	<b>32</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>32</b>
3.1 Ubicación del lugar.....	32
3.1.1 Zonas de trabajo.....	32
3.1.2 Ubicación de los árboles de <i>Juglans neotropica</i> Diels.....	33
3.1.3 Límites.....	34
3.2 Caracterización edafoclimática del lugar.....	34
3.2.1 Suelo.....	34
3.2.2 Clima.....	35
3.2.3 Características de los árboles.....	36
3.3 Materiales, equipos y software.....	36
3.4 Metodología.....	37
3.4.1 Selección y colección de muestras de madera.....	37
3.4.2 Establecimiento de los usos potenciales.....	37
3.4.3 Universo - población.....	38
3.4.4 Tamaño de la muestra.....	38

3.5 Determinación de las propiedades anatómicas.....	38
3.5.1 Descripción de las características organolépticas .....	38
3.5.2 Características microscópicas .....	39
3.5.3 Características macroscópicas.....	41
3.6 Determinación de las propiedades físicas.....	42
3.6.1 Contenido de humedad .....	43
3.6.2 Densidad.....	44
3.6.3 Contracción .....	46
3.7 Determinación de las propiedades de trabajabilidad .....	49
3.7.1 Cepillado.....	51
3.7.2 Lijado.....	52
3.7.3 Moldurado .....	53
3.7.4 Taladrado .....	54
3.7.5 Torneado.....	54
3.8 Posibles usos.....	54
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>58</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>58</b>
4.1 Características organolépticas .....	58
4.1.1 Características macroanatómicas.....	58

4.1.2 Características microanatómicas .....	59
4.2 Propiedades Físicas de la Madera de <i>Juglans neotropica</i> Diels.....	62
4.2.2 Contenido de Humedad .....	63
4.2.3 Densidad.....	64
4.2.3 Contracción .....	66
4.3 Propiedades de trabajabilidad.....	67
4.3.1 Cepillado.....	67
4.3.2 Lijado.....	69
4.3.3 Moldurado .....	70
4.3.4 Taladrado .....	71
4.3.5 Torneado.....	72
4.4 Posibles Usos .....	73
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>77</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>CAPITULO VI.....</b>	<b>78</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>78</b>
<b>CAPITULO VII .....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>89</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Clasificación de la madera según la densidad</i> -----	25
<b>Tabla 2.</b> <i>Clasificación de contracción de la madera</i> -----	26
<b>Tabla 3.</b> <i>Rangos de clasificación de contracción T/R</i> -----	26
<b>Tabla 4 .</b> <i>Coordenadas geográficas árboles de Juglans neotropica Diels</i> -----	33
<b>Tabla 5.</b> <i>Variables climáticas de las parroquias Huaca y el Carmelo</i> -----	35
<b>Tabla 6.</b> <i>Materiales, equipos y software a emplear en la investigación</i> -----	36
<b>Tabla 7.</b> <i>Dimensiones de la muestra</i> -----	38
<b>Tabla 8.</b> <i>Probetas para ensayos de propiedades físicas</i> -----	43
<b>Tabla 9.</b> <i>Ecuaciones para determinar la contracción</i> -----	47
<b>Tabla 10.</b> <i>Probetas para los ensayos de propiedades de trabajabilidad</i> -----	50
<b>Tabla 11.</b> <i>Rango de evaluación según Normas ASTM</i> -----	50
<b>Tabla 12.</b> <i>Clasificación para usos de la madera</i> -----	55
<b>Tabla 13.</b> <i>Defectos y tolerancias anatómicos para el uso de la madera</i> -----	56
<b>Tabla 14.</b> <i>Clasificación según el comportamiento de trabajabilidad</i> -----	57
<b>Tabla 15.</b> <i>Contenido de humedad _ Juglans neotropica Diels</i> -----	63
<b>Tabla 16.</b> <i>Usos de especies de densidad Tipo "C"</i> -----	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Estructura de la madera</i> -----	9
<b>Figura 2.</b> <i>Planos de la madera</i> -----	10
<b>Figura 3.</b> <i>Anillos de crecimiento</i> -----	12
<b>Figura 4.</b> <i>Albura y duramen</i> -----	13
<b>Figura 5.</b> <i>Estructura de un vaso</i> -----	13
<b>Figura 6.</b> <i>Clasificación de la porosidad por su ubicación</i> -----	14
<b>Figura 7.</b> <i>Clasificación de poros de acuerdo a su disposición</i> -----	16
<b>Figura 8.</b> <i>Clasificación de parénquima</i> -----	17
<b>Figura 9.</b> <i>Tipos de radios en la madera</i> -----	18
<b>Figura 10.</b> <i>Características organolépticas de la madera</i> -----	20
<b>Figura 11.</b> <i>Formas del agua en la madera</i> -----	22
<b>Figura 12.</b> <i>Proceso de cepillado</i> -----	27
<b>Figura 13.</b> <i>Proceso de lijado</i> -----	28
<b>Figura 14.</b> <i>Proceso de moldurado</i> -----	29
<b>Figura 15.</b> <i>Proceso de taladrado</i> -----	30
<b>Figura 16.</b> <i>Proceso de torneado</i> -----	31
<b>Figura 17.</b> <i>Ubicación de árboles de Juglans neotropica Diels</i> -----	32
<b>Figura 18.</b> <i>Campus "Yuyucocha"</i> -----	33

<b>Figura 19.</b> <i>Muestra para descripción de las características macroscópicas.</i> -----	41
<b>Figura 20.</b> <i>Placa para la descripción y medición de las características.</i> -----	42
<b>Figura 21.</b> <i>Probetas para propiedades físicas</i> -----	43
<b>Figura 22.</b> <i>Tipos de corte según la orientación en el tronco</i> -----	51
<b>Figura 23.</b> <i>Dimensiones probetas para ensayos de cepillado</i> -----	51
<b>Figura 24.</b> <i>Probeta para ensayos de lijado</i> -----	53
<b>Figura 25.</b> <i>Muestra de xiloteca de la especie Juglans neotropica Diels</i> -----	58
<b>Figura 26.</b> <i>Corte transversal de la madera de Juglans neotropica Diels</i> -----	59
<b>Figura 27.</b> <i>Características macroscópicas - corte transversal Juglans neotropica Diels</i>	59
<b>Figura 28.</b> <i>Características macroscópicas - corte tangencial Juglans neotropica Diels</i> --	60
<b>Figura 29.</b> <i>Características macroscópicas - corte radial Juglans neotropica Diels</i> -----	60
<b>Figura 30.</b> <i>Características microanatómicas de Juglans regia Vs. Juglans neotropica Diels</i> -----	62
<b>Figura 31.</b> <i>Curva de desorción del peso de las probetas de Juglans neotropica Diels</i> ----	63
<b>Figura 32.</b> <i>Comportamiento de la densidad Juglans neotropica Diels</i> -----	65
<b>Figura 33.</b> <i>Contracción normal y total de Juglans neotropica Diels</i> -----	66
<b>Figura 34.</b> <i>Defectos del cepillado a favor y en contra del grano</i> -----	68
<b>Figura 35.</b> <i>Defectos del ensayo de lijado (lija. 60)</i> -----	69
<b>Figura 36.</b> <i>Defectos del ensayo de lijado (lija.100)</i> -----	70

<b>Figura 37.</b> <i>Defectos del ensayo de moldurado</i> -----	71
<b>Figura 38.</b> <i>Defectos del ensayo de taladrado</i> -----	72
<b>Figura 39.</b> <i>Defectos del ensayo de torneado</i> -----	73
<b>Figura 40.</b> <i>Árbol de Juglans neotropica Diels</i> -----	94
<b>Figura 41.</b> <i>Selección de arboles</i> -----	94
<b>Figura 42.</b> <i>Tumba de individuos escogidos</i> -----	94
<b>Figura 43.</b> <i>Troceado</i> -----	94
<b>Figura 44.</b> <i>Escuadrado de bloques</i> -----	95
<b>Figura 45.</b> <i>Embalado de bloques</i> -----	95
<b>Figura 46.</b> <i>Descripción organoléptica</i> -----	95
<b>Figura 47.</b> <i>Cocción de cubos</i> -----	95
<b>Figura 48.</b> <i>Corte de laminas</i> -----	96
<b>Figura 49.</b> <i>Lavado de laminas</i> -----	96
<b>Figura 50.</b> <i>Montaje de placas</i> -----	96
<b>Figura 51.</b> <i>Observación de placas</i> -----	96
<b>Figura 52.</b> <i>Preparación y escuadrado de las probetas</i> -----	97
<b>Figura 53.</b> <i>Codificación y medición de probetas</i> -----	97
<b>Figura 54.</b> <i>Pesaje de probetas</i> -----	97
<b>Figura 55.</b> <i>Secado al aire libre</i> -----	97

<b>Figura 56.</b> <i>Secado anhidro</i> -----	98
<b>Figura 57.</b> <i>Toma de datos</i> -----	98
<b>Figura 58.</b> <i>Probetas para ensayos</i> -----	98
<b>Figura 59.</b> <i>Ensayo de cepillado</i> -----	98
<b>Figura 60.</b> <i>Ensayo de lijado</i> -----	99
<b>Figura 61.</b> <i>Ensayo de moldurado</i> -----	99
<b>Figura 62.</b> <i>Ensayo de taladrado</i> -----	99
<b>Figura 63.</b> <i>Ensayo de torneado</i> -----	99

## RESUMEN

*Juglans neotropica* Diels, es una especie nativa muy apreciada en el sector forestal, es así que la investigación tuvo como objetivo general: Determinar las propiedades tecnológicas de la madera de *Junglas neotropica* Diels, procedentes de la provincia del Carchi, Ecuador. Dicha investigación se realizó en la parroquia Huaca, cantón San Pedro de Huaca, y en la parroquia el Carmelo, cantón Tulcán, provincia del Carchi. Para los ensayos correspondientes se tomó como guía las normas INEN Y ASTM. En el campus “Yuyucocha” perteneciente a la Universidad Técnica del Norte; se preparó el material necesario para la investigación. Obteniendo como resultados un contenido de humedad de 78,92 % con una densidad básica de 0,42 gr/cm<sup>3</sup>, la contracción volumétrica de 14,16% y una relación Tangencial/Radial de 0,80%. *Juglans neotropica* Diels frente a los procesos de transformación tiene un buen comportamiento catalogándose como una madera destinada para realizar trabajos en mueblería fina y decorativa.

**Palabras clave:** Nogal, madera, densidad, trabajabilidad

## ABSTRACT

*Juglans neotropica* Diels, is native species highly appreciated in the forestry sector, so the research had as a general objective: Determine the technological properties of the wood of *Junglas neotropica* Diels, from the province of Carchi, Ecuador. This research was carried out in the Huaca parish, San Pedro de Huaca canton, and in the Carmelo parish, Tulcán canton, Carchi province. For the corresponding tests, the INEN and ASTM standards were taken as a guide. In the campus "Yuyucocha" belonging to the Technical University of the North; The necessary material for the investigation was prepared. Obtaining as results a moisture content of 78.92% with a basic density of  $0.42 \text{ gr/cm}^3$ , the volumetric shrinkage of 14.16% and a Tangential/Radial ratio of 0.80%. *Juglans neotropica* Diels against the processes of transformation has a good behavior cataloging as a wood intended for fine and decorative furniture work.

**Keywords:** Nogal, Wood, density, workability.

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

“La madera es uno de los materiales más usados y demandados por el ser humano” (Peralta, 2022). 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 & Robles, 1993). Por tal motivo es preciso mencionar que las propiedades de la madera varían de acuerdo a las condiciones climáticas, edáficas y manejo silvicultural (Vázquez *et al*, 2015). Por lo tanto, la comprensión de estas propiedades contribuye al aprovechamiento sustentable del bosque Quema (2015, como se citó en Mediavilla, 2016).

Las propiedades físicas proporcionan una comprensión más a detalle el comportamiento de la madera ante diferentes usos (Díaz, 2005). Actualmente el mercado exige maderas uniformes y de buena calidad, en este ámbito, se hace necesario profundizar estudios de las propiedades y estructura micro y macroscópica de *Juglans neotropica* Diels, en vista que cada especie presenta características únicas (Cresppo, 2012).

La edad del árbol tiene influencia en la calidad de la madera, debido que a mayor edad aumenta la probabilidad que sucedan alteraciones biológicas, como la pudrición de la troza, y alistados en la madera u otras alteraciones en la forma del fuste; pérdida de resistencia mecánica y fallo estético en los procesos de acabado que son característicos de un árbol maduro, y que, a la vejez, produce falta de fortaleza y se aumentan los riesgos. (Vignote, 2013)

“Las especies que conforman la familia Juglandaceae han evolucionado desde hace 56 millones de años, distribuyéndose por el mundo” (Fjellstrom & Parfitt, 1995). *Juglans neotropica* Diels fue descubierta en el año de 1906 por el botánico Alemán Friedrich Ludwig Emil Diels.

Además, es reconocida como *Juglans equatoriensis*, *J. granatensis*, *J. honorei*, *J. andina* y *J. columbiensis* Manning (1960, como se citó en Vanegas & Rojas, 2018). Es originaria de América del Sur donde crece en bosques secos y húmedos de montaña baja a una altitud de 1.800-2.800 metros sobre el nivel del mar. Desde 1990 no se tiene una recopilación de sus avances tecnológicos en sus usos” (s/p) (Vanegas & Rojas,2018).

Para ello, el propósito del estudio es recopilar los elementos necesarios para determinar el comportamiento físico, anatómico y los niveles de trabajabilidad de la madera de *Juglans neotropica* Diels, con el fin de conocer si sus propiedades cambian a través del tiempo y si se afecta la calidad de la madera.

Ecuador es rico en recursos forestales, pero se necesita mucho trabajo para comprender totalmente las propiedades de la madera, lo que limita su gran variedad de usos (Peña, 2013)

La madera de *Juglans neotropica* Diels es apetecida por su coloración por lo cual se utiliza para mueblería fina. Por ser una madera medianamente pesada se usa para revestimientos decorativos, entre otros. Estos usos se dan a la madera, manteniendo una correcta orientación y adecuado empleo para su terminado. Lo anterior, crea interés para investigar (Avila & Herrera, 1990).

En la actualidad el uso que presta la madera de *Juglans neotropica* Diels es de manera ancestral y tradicional por parte de carpinteros y artesanos, se destaca el tallado, pero, no se tiene un conocimiento adecuado que permita establecer otras formas de manejo. Al determinar las características tecnológicas de esta especie permitirá tener un cabal conocimiento de la potencialidad que tiene para generar nuevos usos.

“La caracterización tecnológica de la madera es muy variable debido a muchos factores entre ellos la edad, y sus interrelaciones en el ecosistema; la variabilidad también se manifiesta dentro de un mismo árbol” (Igartúa & Monteoliva, 2010)

El grado de variación producido dentro de un mismo árbol es un factor significativo, no solo desde el punto anatómico, sino que también marca una diferencia en su densidad y resistencia en la utilización de la madera. (p10) (Sibille,2006)

*Juglans neotropica* Diels es una especie nativa muy apetecida por artesanos, aserraderos y madereros de la provincia del Carchi, sin embargo, se requiere de información técnica para mejorar los procesos de transformación de la madera, orientando a optimizar el uso a través del estudio de las características anatómicas, físicas y de trabajabilidad de esta especie.

La presente investigación tiene como fin la valoración de las propiedades físicas, anatómicas y trabajabilidad de *Juglans neotropica* Diels. A fin de conocer sus potenciales usos y el reconocimiento de los mercados. (Urrego,2012)

La información técnica respaldará la importancia y el uso de la especie en base al conocimiento de la tecnología de la madera. Ello, permitirá valorar las potencialidades que puede brindar *Juglans neotropica* Diels.

Además, la investigación servirá como una guía para la observación de las características anatómicas basada en la descripción de las características micro y macroscópicas, que facilitará la identificación y el estudio de la especie.

La presente investigación busca generar información que permita aportar al conocimiento académico de estudiantes y docentes investigadores en las ciencias forestales a partir de los

resultados que se generen con la evaluación de las propiedades y trabajabilidad de la madera obtenida de *Juglans neotropica* Diels.

## **1.1 Objetivos**

### ***1.1.1 Objetivo General***

Determinar las propiedades tecnológicas de la madera de *Juglans neotropica* Diels procedentes de la provincia del Carchi, Ecuador

### ***1.1.2 Objetivos Específicos***

- Describir las características anatómicas de la madera de *Juglans neotropica* Diels
- Establecer las propiedades físicas de *Juglans neotropica* Diels
- Determinar las propiedades de trabajabilidad y los posibles usos de la madera de esta especie.

## **1.2 Preguntas de investigación**

¿Cuáles son las características anatómicas de *Juglans neotropica* Diels?

¿Cuáles son las propiedades físicas de *Juglans neotropica* Diels?

¿Qué características de trabajabilidad tiene la madera de *Juglans neotropica* Diels para establecer los usos potenciales?

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Fundamentación legal

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

**Art. 71.-** Menciona que la naturaleza tiene derecho a ser respetada y mantenida con el objetivo de conservar y regenerar sus propias estructuras, funciones y procesos, favoreciendo la vida de toda persona, comunidad pueblo o nacional. Por lo tanto, el estado incentivara a las personas y a los colectivos a proteger la naturaleza (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

##### *2.1.2 Código Orgánico del Ambiente (COA)*

Como se evidencia en el Código Orgánico del Ambiente [COA] (2018) “se regulan las actividades que garantizan una planificación, gestión integral y sustentabilidad de los recursos naturales. Tiene por objeto garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado”.

**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 (Constitución de la Republica del Ecuador [CRE],2008)

El **Art. 17, Art. 30 y Art. 133** del Código Orgánico del Ambiente explican que la investigación ambiental relativa a la biodiversidad debe ser promovida con datos científicos y técnicos los cuales se actualizarán de manera permanente generando el bioconocimiento gracias a

las iniciativas promovidas por entidades de autoridad ambiental, agricultura, ganadería y pesca con una extensión en el desarrollo forestal. (Código Orgánico del Ambiente [COA]2017

### ***2.1.3 Plan de creación de oportunidades 2021 – 2025***

Dentro del eje perteneciente a la Transición Ecológica se presenta como objetivo promover a la población a la protección, conservación y restauración de los recursos naturales mediante la reducción de la deforestación y un excesivo aprovechamiento. Poniendo en marcha las condiciones legales y económicas facilitando las actividades humanas dentro del ecosistema sin su afectación (Secretaría nacional de planificación, 2021)

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

El estudio se enmarca en la línea de investigación de la Carrera de Ingeniería Forestal: Desarrollo agropecuario y forestal sostenible.

### ***2.1.5 Códigos de ética en el proceso de investigación***

En base al Código de ética de la UTN y en el Código de Ética del aprendizaje y de la investigación UTN, es necesario tener en cuenta los principios éticos que se tienen como estudiante y lo cuales deben ser acatados con toda la responsabilidad del caso para poder cumplir con honestidad y perseverancia las actividades académicas.

## **2.2 Fundamentación teórica**

### ***2.2.1 Características de la especie***

Palacios (2016) menciona la siguiente descripción:

FAMILIA: Juglandaceae

NOMBRE CIENTÍFICO: *Juglans neotropica* Diels

NOMBRES COMUNES: nogal, tocte

Árbol monoico de 30 m de alto y 80 cm de DAP. Corteza externa negruzca, fuertemente agrietada; corteza interna crema con franjas angostas amarillentas. Partes jóvenes, raquis, pecíolo, peciólulos, envés de los folíolos y frutos con pubescencia parda, Yemas con brácteas linear-lanceoladas, tomentosas. Hojas imparipinnadas. Folíolos opuestos o subopuestos, 10-16 x 5-7 cm, ovados, ovado oblongos u ovado-lanceolados, sésiles o subsésiles, redondeados o en la base, acuminados, aserrados en el margen; haz glabro; envés pubescente principalmente sobre las nervaduras.

Flores masculinas sobre amentos péndulos de hasta 30 cm de largo; estambres hasta 90. Flores femeninas dispersas sobre una espiga terminal, 4-10 cm de largo, 4-8 flores por inflorescencia. Fruto drupa, globosa a ovoide, entre 5 a 7 cm de diámetro; mesocarpio amarillo, 5-10 mm de grosor; endocarpio (nuez), ovoide o subgloboso con apículo corto y costillas longitudinales sinuosas. (p.239)

#### **2.2.1.1 Hábitad y distribución**

Hay alrededor de 23 especies de *Juglans* distribuidas en América del Norte, Central y del Sur, Europa del Este y Asia. *J. neotropica* distribuida naturalmente en el noroeste de Venezuela, norte y sur de Colombia a través de Ecuador, hasta el norte y centro del Perú (Penagos, M. O, 2003)

“En Colombia, es común en altitudes que van desde los 1.050 hasta los 2.800 m, en la sierra del Perú oscila entre los 1.000 a 3.000 msnm, en los valles templados de los andes en Ecuador, *J. neotropica* suele desarrollarse entre las montañas y valles interandinos, en altitudes entre los 1.800 a 3.000 msnm” (p.6) (Ospina, Hernández, Aristizábal, Patiño, 2003).

### **2.2.1.2 Usos**

La madera tiene buena durabilidad. Se puede cortar, tallar y moldear con facilidad. Tiene buen agarre a tornillos y clavos, y permite el uso de pegantes para la unión de piezas (Penagos, M. O, 2003). Además, es ampliamente utilizado en la producción de madera contrachapada, chapas decorativas, ebanistería de alta calidad e instrumentos musicales (Ospina *et al.*, 2003)

El nogal es una especie multipropósitos usada dentro de los sistemas agroforestales, en cercas vivas, hileras y sistemas de asocio; teniendo como principal ventaja de ser adecuada para diversos productos en asocio como madera, productos agrícolas, frutos y forrajes (Paredes *et al.*, 2018)

*Juglans neotropica* Diels aparte de ser una especie maderable muy apetecida por los artesanos, es utilizada en la silvicultura urbana por brindar servicios ecosistémicos a la población (Valverde *et al.*, 2023)

### **2.2.2 Características de la madera**

La Norma Ecuatoriana de Construcción [NEC], (2014) menciona que la madera es un material de origen vegetal, heterogéneo, poroso, anisotrópico, higroscópico, compacto y fibroso que está constituido por células muertas, biodegradable y combustible. Por otra parte, Alvarado (2016) indica que la madera está constituida por fibras de celulosa (50%) entrelazadas con lignina (30%) y productos orgánicos (20%) tales como almidón, taninos, azúcares, grasas, entre otros.

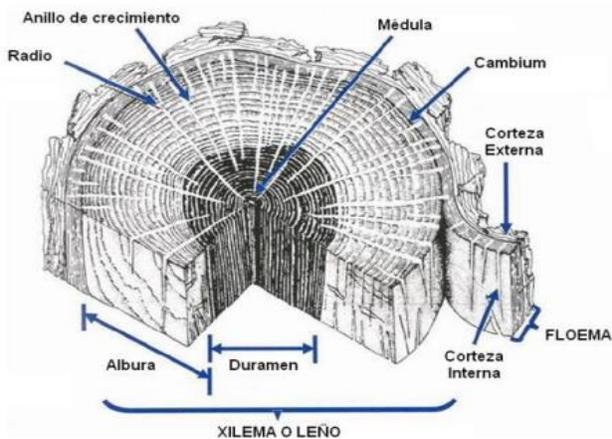
Uriarte (2020, como se citó en Ipiates, 2021), destaca lo siguiente “La madera es una materia prima abundante, fácil de trabajar, renovable y económica que procesada de la manera correcta es usada como combustible y empleada en construcción brindando una sensación de

calidez y protección ancestral a los ambientes, por lo cual es un elemento fundamental en casi todas las industrias humanas”. (p.7)

### 2.2.2.1 Estructura de la madera

Fernández (2001) concuerda con Monteoliva (2009) que la madera es homogénea y uniforme. Consiste en un grupo de células alargadas de varias longitudes que realizan funciones como conducción de la savia (alimento de los árboles), transformación y almacenamiento de nutrientes o soporte físico. Botánicamente la madera posee una xilema secundaria, químicamente es un polímero tridimensional compuesto principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, así como tecnológicamente es un material anisotrópico, heterogéneo e higroscópico.

**Figura 1.**  
*Estructura de la madera*



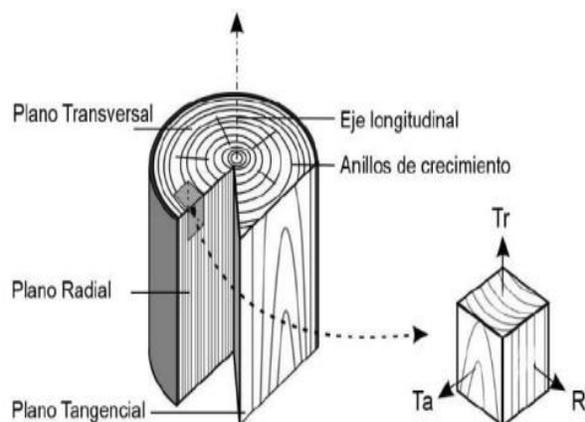
**Fuente:** (Chavesta, 2012)

### 2.2.2.2 Planos y secciones o cortes de la madera

Pérez (1983) al igual que Chavesta (2006) manifiestan que la madera se compone de células de diferentes formas, con paredes de diferente espesor que es el resultado al cortar una pieza de madera en diferentes planos. Estos planos o superficies son: transversal, radial y tangencial o longitudinal, en los cuales la madera es examinada.

- **Plano transversal:** Armijos (2019). Al igual que Chavesta (2006) indican que es una pieza de madera en dirección perpendicular al eje longitudinal del tronco. Donde se observan los anillos de crecimiento y sus características: el ancho, porcentaje de madera temprana, tardía y el tipo de transición entre ellas. Elementos macroscópicos: porosidad, agrupación, disposición, y tamaño de poros, tamaño de radios, tipo de parénquima, textura y transición entre albura y duramen.
- **Plano radial:** se observa el tamaño de los radios, tipo de grano y brillo de la madera Díaz & Vaz (2003) mientras que Puertas, Guevara & Espinoza, (2013) señalan que este plano es el corte longitudinal paralelo a los radios y perpendicular a los anillos de crecimiento.
- **Plano tangencial o longitudinal:** García Guindeo, Peraza, & Palacios, (2003). De acuerdo con Puertas *et al.* (2013) establecen que es el corte longitudinal a los anillos de crecimiento y perpendicular a los radios. A nivel macroscópico, se evidencia la presencia de rizos, conductos transversales, líneas vasculares, tipo de grano, y brillo de la madera (León & Espinoza de Pernía, 2001)

**Figura 2.**  
*Planos de la madera*



**Fuente:** (Feijoo *et al.*, 2019)

### **2.2.3 Propiedades anatómicas**

Juegan un papel muy importante en la taxonomía e investigación forestal, y su principal contribución es la identificación de plantas leñosas a partir de las características del xilema (Mora & León, 2019)

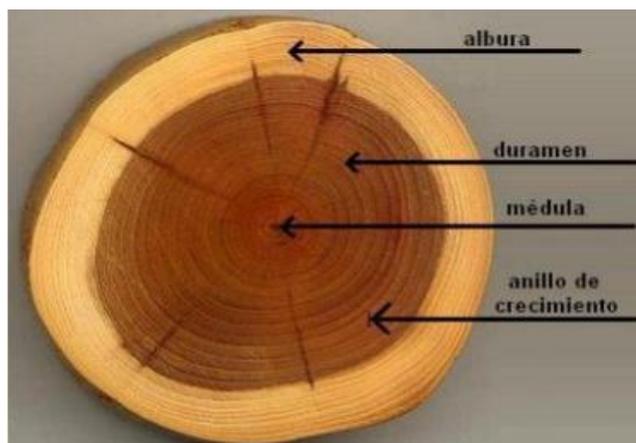
Las características macroscópicas y microscópicas facilitan la identificación de los poros, parénquima, radios fibras y traqueidas los elementos básicos de la madera y son los más estudiados. En la mayoría de los casos el conocimiento de las características anatómicas predice algunas de sus propiedades físicas y mecánicas (Puchaicela, 2013)

#### **2.2.3.1 Anillos de crecimiento**

Giménez, Galíndez & Ríos (2005) manifiestan que los anillos de los árboles reflejan el crecimiento anual de un árbol. Analizando los anillos, indican si el árbol está creciendo rápido o lento; o años que fueron desfavorables o más favorables para la planta. Es así que Martínez & Rojas (2006) establecen que las especies que se desarrollan en habitat donde existen periodos meteorológicos notablemente diferentes, produce elementos anatómicos de tamaño diferentes, estos se manifiestan al exterior como madera más clara y más oscura mostrando una alternancia entre sí.

Por otro lado, Barañao, *et al.* (2008) señala que estos anillos muchas veces se observan a simple vista o con poco aumento, este fenómeno presenta muchas variantes y ha sido estudiado por la dendrocronología.

**Figura 3.**  
*Anillos de crecimiento*



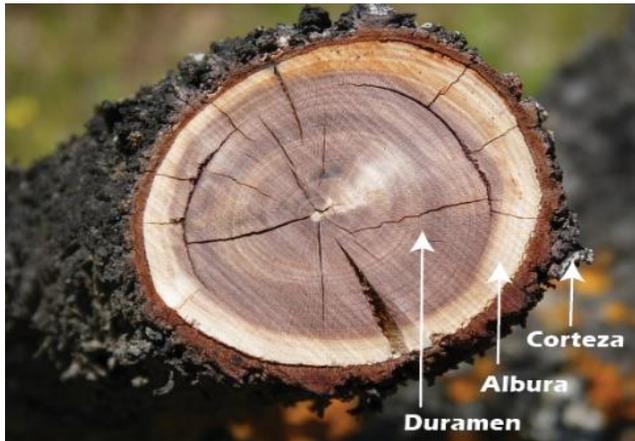
**Fuente:** (Londoño, 2008)

### 2.2.3.2 Albura y duramen

La albura, generalmente de color claro, se encarga de transportar las sustancias absorbidas por las raíces hasta las hojas donde se sintetizan con clorofila y energía solar. El resto de la albura independientemente de la función de fortalecimiento, la savia restante está fisiológicamente muerta y acumula reservas. El duramen suele ser de color más oscuro debido a la acumulación de aceites esenciales, gomas resinas, compuestos fenólicos, taninos entre otros. Existen algunas maderas en las que no se diferencia la albura y el duramen por color (Aguilar & Guzowski, 2011)

Monteoliva, Ciganda, & Igartúa, (2012). Señalan que el duramen es generalmente menos permeable que la albura, lo que lo hace más difícil de secar y menos permeable a los conservantes, tintes y tinturas.

**Figura 4.**  
*Albura y duramen*

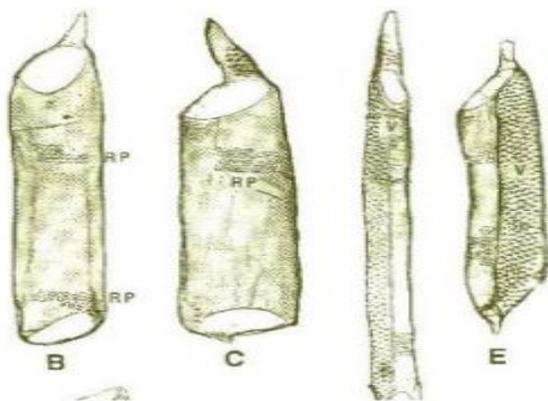


**Fuente:** (Hernández, 2010)

### 2.2.3.3 Vasos

Moglia (2005, como se citó en Alvarado, 2021), indica que son un grupo de células verticales que forman estructuras tubulares de longitud indeterminada que funcionan para conducir fluidos desde la madera. Células de xilema cuyas paredes terminales no tienen membrana y están perforadas.

**Figura 5.**  
*Estructura de un vaso*



**Fuente:** (Giménez, et al, 2005)

### 2.2.3.4 Porosidad

Bone (2019). De acuerdo a Lluncor (2011) La porosidad se refiere a la regla de cambio de tamaño de poro en el anillo o sección transversal, que se dividió en tipo difuso y circular según el tamaño del poro, así como la forma en que se distribuyen dentro de los anillos de crecimiento.

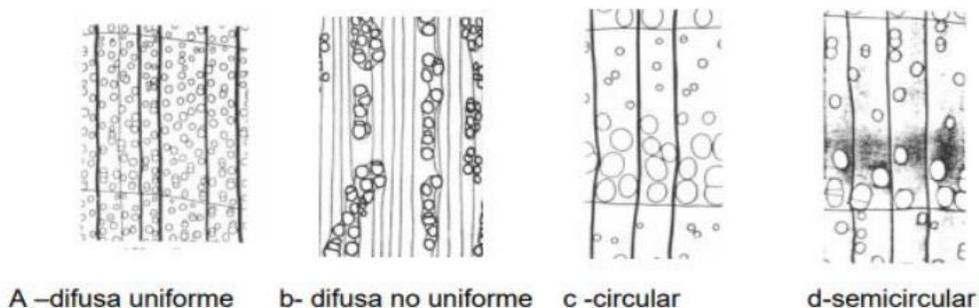
#### 2.2.3.4.1 Clasificación de la porosidad por su ubicación

Kollman (1968) los clasifica como:

- **Porosidad circular:** Aparece como poros grandes al comienzo de los anillos de crecimiento (madera temprana) y como poros pequeños en los extremos (madera tardía). Sufre una transición abrupta entre poros grandes y poros pequeños.
- **Porosidad semicircular:** comparte similitud con la porosidad circular, las maderas tempranas tienen poros grandes y las maderas tardías tienen poros pequeños.
- **Porosidad difusa:** No existe un patrón definido de variación de tamaño en el ancho de los anillos de crecimiento. Los poros pueden ser de diferentes tamaños, mezclados entre sí, o esencialmente del mismo tamaño de sección transversal. (p.127)

#### Figura 6.

*Clasificación de la porosidad por su ubicación*



**Fuente:** (Giménez et al ,2005)

#### 2.2.3.4.2 Clasificación por su tamaño:

León & Espinoza de Pernía (2001) indica que cuando se observa los poros en la sección transversal de acuerdo a el tamaño se los puede categorizar de la siguiente manera:

- **Pequeños:** No se observan a simple vista, difícil observación a nivel macroscópico; y se debe hacer con el uso de lupa.
- **Medianos:** Se pueden observar con algo de dificultad a simple vista.
- **Grandes:** Se pueden observar claramente a simple vista.

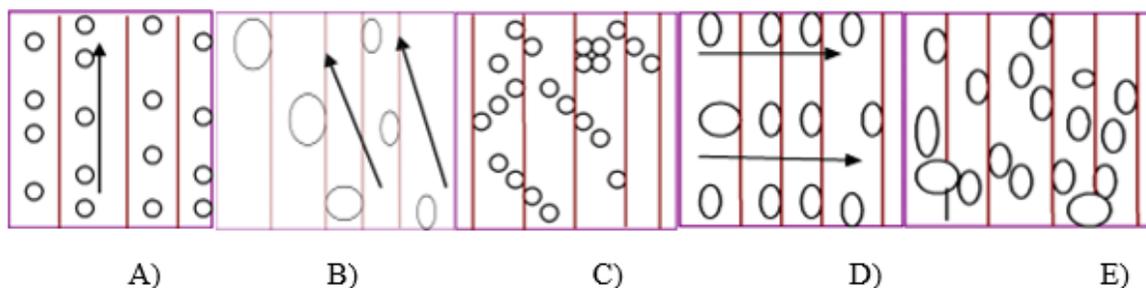
#### 2.2.3.4.3 Clasificación por su disposición:

De acuerdo a León & Espinoza de Pernía (2001) por su disposición se clasifican de la siguiente manera:

- **Poros en disposición radial o flamiforme:** Se disponen en filas paralelas a los radios.
- **Poros en disposición radial-oblicua:** Con respecto a la orientación de los radios se disponen en filas paralelas y oblicuas.
- **Patrón dendrítico:** Se observa una disposición de poros en donde se presentan "ramificaciones".
- **Poros en bandas tangenciales o ulmoide:** Se colocan en líneas o bandas que son perpendiculares a la dirección de los radios.
- **Poros sin ningún patrón definido de disposición:** Dispuestos o arreglados sin seguir ningún patrón definido.

–

**Figura 7.**  
*Clasificación de poros de acuerdo a su disposición*



**Fuente:** (León & Espinoza de Pernía 2001)

**Nota:** A) radial o flamiforme B) radial-oblicua C) Patrón dendrítico D) tangenciales o ulmoide  
 E) patrón definido de disposición

### 2.2.3.5 Parénquima

Es un tejido celular que suele tener forma de ladrillo o isodiamétrico con puntuación simple. En el leño puede surgir de las iniciales en forma de huso del cambium seguidas de la división transversal de las células hijas (parénquima axial) o de las iniciales de los radios (parénquima de los radios). (Norma Técnica Ecuatoriana [INEN], 2013).

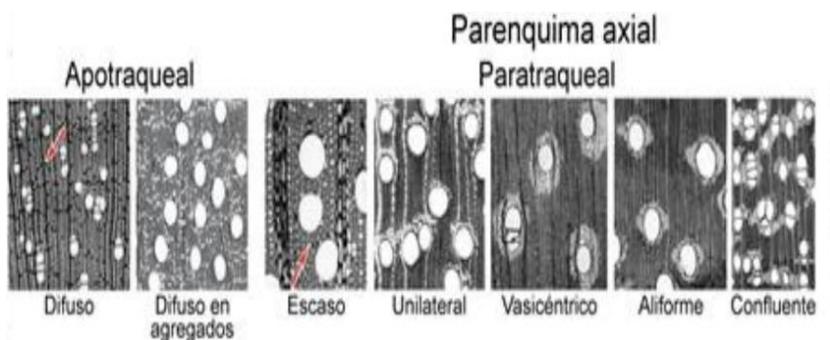
Por otro lado, Campos (2007) se refirió a él como un tejido conectivo (conectivo o protector) que mantiene unidos a otros tejidos y está formado por células multilobuladas con paredes delgadas de celulosa esponjosa.

Y se pueden clasificar en:

- **Parénquima axial:** Es un tejido que tiene la función de almacenamiento de materia orgánica como almidón, goma y resina. La distribución del parénquima axial en una sección transversal de la madera es uno de los caracteres taxonómicamente más valiosos y uno de los más utilizados para la identificación de la madera. (Gonzales, 2019).

- **Parénquima apotraqueal:** En el que el tejido celular está dispuesto de forma independiente en los poros. En función de su disposición se distingue entre parénquima apotraqueal difuso y difuso en agregados. Se puede observar con la ayuda de un lente de 10 aumentos, y constituye un dato importante para la identificación de las especies (Bernis, 2006).
- **Parénquima paratraqueal:** Se asocia sistemáticamente con los vasos. Ocurre en varias formas tales como: rara, unilateral, vasicentrico, aliforme y confluyente coalescente (Turpo, 2015).

**Figura 8.**  
*Clasificación de parénquima*



**Fuente:** (Monteoliva et al,2020)

### 2.2.3.6 Radios

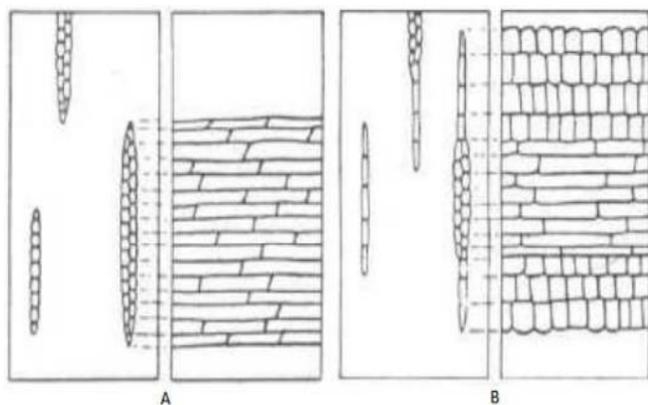
En las maderas latifoliadas, se caracterizan por ser finos, y en el plano transversal pueden ser observados como líneas muy delgadas y claras. Además, almacena y conduce las sustancias nutritivas. Están compuestos por células que poseen una variedad de formas, tamaños y número (Leguizamón & Sánchez,2019)

Por otro parte Londoño (2008), señala que los radios son grupos de células en banda que se extienden radialmente, es decir, desde la corteza hasta el centro del árbol. Cuando se ven en sección transversal, los radios son más o menos perpendiculares a los anillos de crecimiento. En planos radiales aparecen como pecas o manchas, y en plano tangencial, aparecen como líneas cortas que corren a lo largo del grano siendo visibles.

Los radios pueden ser:

- **Homogéneos:** conformados por un único tipo de células.
- **Heterogéneos:** conformados por más de un tipo de células.

**Figura 9.**  
*Tipos de radios en la madera*



**Fuente:** (Leguizamón & Sánchez, 2019)

**Nota:** A) homogéneos; B) heterogéneos

#### **2.2.4 Características organolépticas**

Chavesta (2012) Se refiere a todas las cualidades que pueden ser percibidas por los órganos de los sentidos. Entre las cuales están: color, grano, brillo, textura, olor, sabor, peso,

dureza y figura o vetado. Al igual que Millacan (2020) estas cualidades se asocian con valor decorativo y ornamental del leño.

De acuerdo a Gonzales (2008) las características organolépticas se describen de la siguiente manera:

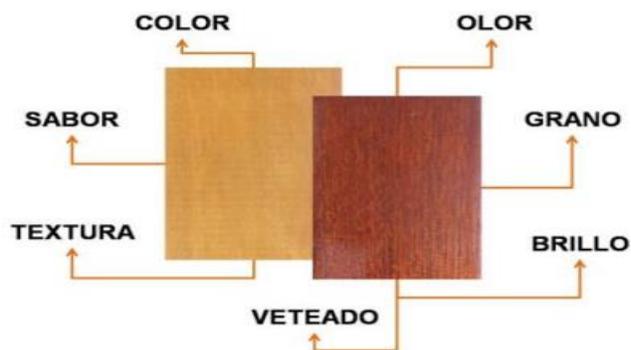
- **Color:** Se debe principalmente a los extractos que se encuentran en las células de la madera. El color varía entre diferentes tipos de madera, dentro del mismo y hasta en la misma pieza de madera.
- **Olor:** Es producido por exudación de ciertos químicos como gomas, resinas y aceites. Penetran en la madera y emiten un olor característico al evaporarse. Ayudan a identificar especies.
- **Sabor:** Se produce por la acción de ciertas sustancias presentes en las células de la madera.
- **Lustre:** Es característico de algunas especies donde el brillo o lustre es causado por el reflejo que producen los elementos que componen los radios cuando se exponen a la luz.
- **Grano:** “Es una característica observable de la disposición que tienen los elementos xilemáticos longitudinales (vasos, fibras, traqueidas, parénquima, etc.) con respecto al eje longitudinal del tronco, en su sección radial o tangencial” (Gonzales, 2008).
- **Textura:** “Está definido por la distribución, proporción y tamaño relativo de los elementos leñosos (poros, parénquima y fibras)” (Gonzales, 2008).
- **Veteado:** Debido a la disposición de los componentes del tronco, está determinada por texturas o figuras creadas a partir de superficies longitudinales pulidas. (Células leñosas,

parénquima y anillos de crecimiento), así como su tamaño y abundancia. (Gonzales, 2008)

(p.19)

### Figura 10.

*Características organolépticas de la madera*



**Fuente:** (Gonzales, 2008)

#### 2.2.5 Propiedades físicas

Son quienes determinan su comportamiento de acuerdo a diversos factores que intervienen en el medio natural sin provocar cambios mecánicos o químicos. (Peraza,2004)

Panshin & De Zeeuw (1980, como se citó en Chumbimune, 2017), afirmaron que las propiedades físicas de la madera están determinadas por factores internos. Tales como: la cantidad de sustancias y la cantidad de agua en la pared celular, la proporción y cantidad de los principales componentes químicos en la pared celular y la naturaleza, dirección y orientación de los cuerpos extraños presentes. Materiales de la pared celular en diferentes tejidos y composición celular en tejidos de madera, tipo, tamaño, proporción y disposición

##### 2.2.5.1 Contenido de humedad

Jiménez (2011) afirmó que la madera es un material higroscópico que tiene la capacidad de absorber o liberar agua del ambiente. Por lo tanto, la microestructura de la madera tiene poros

que varían en tamaño y, por lo tanto, crean diferentes tipos de fuerzas con diferentes fortalezas que pueden capturar y retener agua de la atmósfera que le rodea.

Ecuación para la estimación del CH%:

$$CH\% = \frac{PV - PSH}{PSH} \times 100$$

Ecu. 1

Donde:

CH%: Contenido de humedad expresado en porcentaje (%).

PV: Peso de la probeta en estado verde expresado en gramos (gr).

PSH: Peso de la probeta en estado anhidro expresado en gramos (gr).

La madera contiene agua bajo tres formas, las cuales influyen únicamente en el contenido de humedad del agua las cuales son: (Norma Ecuatoriana de Construcción [NEC], 2014)

- **Agua libre:** Se encuentra en las cavidades celulares y se desprende de la madera antes que el agua de las paredes celulares.
- **Agua higroscópica:** Es también conocida como ligada, está presente en las paredes celulares.
- **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).

**Figura 11.***Formas del agua en la madera***Fuente:** *(Puertas et al, 2013)***2.2.5.2 Peso específico**

Meneses (2013), señala que es la relación existente entre el peso de la madera a un determinado contenido de humedad y el volumen de agua a una determinada temperatura.

Sin embargo, Suirezs & Berger (2009) afirman que debido a que muchas de las particularidades físicas y mecánicas de la madera dependen de su peso específico, esta es una de las propiedades físicas más significativas. Ayuda a categorizarlos en la vida real.

Pashin & De Zeeuw (1980) & Arroyo (1983), como se citó en León 2010) demostraron que el peso específico depende de tres factores: el tamaño de la celda, el grosor de la pared celular y la interacción entre el número de células de diferentes tipos.

**2.2.5.3 Densidad**

Es la relación entre su masa y su volumen. Debe tener un cierto contenido de humedad, generalmente 12%. La densidad de la madera varía mucho y se puede clasificar por densidad: muy ligera, ligera, semipesada, pesada, muy pesada (Baradit, *et al.*2013)

Según Cisternas (1994), Las definiciones para la densidad comúnmente usadas son:

– **Densidad básica**

Es la más utilizada y expresa el peso seco de la madera contenido en un volumen invariante, como el volumen que existe cuando las paredes de las celdas están saturadas de agua.

$$DB = \frac{PSH}{VV}$$

Ecu. 2

Donde:

DB: Densidad básica expresada gr/cm<sup>3</sup>.

PSH: es el peso de la probeta en estado seco al horno expresado en gramos (gr).

VV: Volumen de la probeta en estado seco, verde expresado en cm<sup>3</sup>

– **Densidad nominal**

Es la densidad medida en condiciones distintas a las condiciones verdes. La densidad aparente de la madera secada a un CH por debajo del punto de saturación de la fibra (psf) no se puede medir directamente porque no se puede medir el volumen del cuerpo verde. La densidad nominal siempre debe estar relacionada con el CH del que se deriva.

– **Densidad anhidra**

Relaciona peso y volumen sin humedad. Esta densidad también se utiliza para determinar efectos sobre las propiedades mecánicas, ya que el peso seco también es invariante. se utiliza principalmente para la investigación.

$$DA = \frac{PSH}{VSH}$$

Ecu. 3

Donde:

DA: Densidad anhidra expresada en  $\text{gr}/\text{cm}^3$ .

PSH: Peso en estado seco al horno expresado en gramos (gr).

VSH: Volumen en estado seco al horno expresado en  $\text{cm}^3$ .

– **Densidad verde**

Es la densidad de la madera cuando ha sido recién cortado un árbol. No se puede predecir a partir de otras densidades porque en el peso está incluido un componente variable de agua libre.

$$DV = \frac{PV}{VV} \text{g/cm}^3$$

Ecu. 4

Donde:

DV: densidad de la probeta en verde expresada en  $\text{gr}/\text{cm}^3$ .

PV: peso de la probeta en verde expresado en (gr).

VV: volumen de la probeta en verde expresada en  $\text{cm}^3$ .

– **Densidad seca al aire**

Es la densidad en el contenido de humedad de equilibrio en una atmósfera estándar de  $20^\circ\text{C}$  y 65% de humedad relativa. Esta atmósfera proporciona a la madera un contenido de humedad de equilibrio del 12%. Por esta razón, esta densidad también se denomina densidad al 12% CH.

$$DSA = \frac{PSA}{VSA} \text{g/cm}^3$$

Ecu. 5

Donde:

DSA: Densidad de la probeta en condición seca al aire expresada en  $\text{gr}/\text{cm}^3$ .

PSA: Es el peso de la probeta en estado seco al aire expresado en gramos (gr).

VSA: Volumen de la probeta en estado seco al aire expresado en  $\text{gr}/\text{cm}^3$ .

El (Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización [INEN],2011) muestra que por medio de parámetros numéricos la madera puede clasificarse de acuerdo a la densidad, proporcionando así el uso idóneo del material.

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

Clase	Densidad ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
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)

#### 2.2.5.4 Contracción

Nájera & Angulo (2007) definen que la contracción de la madera es la variación que experimentan las dimensiones, y como consecuencia, el volumen cambia su contenido de humedad.

$$C_{vt} = C_{lt} + C_{tt} + C_{rt}$$

Ecu. 6

Donde:

$C_{vt}$ : Contracción volumétrica total de la probeta de estado verde, al estado anhidro dado en %.

$C_{rt}$ : Contracción radial total de la probeta, dado en (%).

$C_{tt}$ : Contracción tangencial total de la probeta, dado en (%).

De igual manera el Instituto Forestal Chile (1973) manifiesta que la contracción se define como la reducción de las dimensiones de una pieza de madera, causada por una disminución en el contenido de humedad desde el punto de saturación de las fibras.

Moya, Muñoz, Salas, Berrocal, Zúñiga & Esquivel, (2010) indica que existen parámetros que permiten determinar el comportamiento de la madera en función de la humedad relativa del ambiente que la rodea y su propio contenido de humedad, como se muestra en la tabla 2 y 3.

**Tabla 2.**  
*Clasificación de contracción 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	$\geq 8,1$	$\geq 5,1$	$\geq 13,1$

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

**Tabla 3.**  
*Rangos de clasificación de contracción T/R*

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

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

### ***2.2.6. Propiedades de trabajabilidad***

Es el conjunto de cualidades que posee la madera en relación con su respuesta al trabajo manual, herramientas manuales o eléctricas. La madera tiene buena trabajabilidad si responde bien al aserrado, cepillado, moldurado, torneado, lijado y taladrado. (Noelia,2018).

#### **2.2.6.1 Cepillado**

Es el proceso que sigue al aserrado es la primera y más importante etapa del procesamiento, ya que cualquier pieza de trabajo debe cepillarse para darle un valor agregado antes de usarla para hacer el producto final. El cepillado es el corte periférico realizado mediante cuchillas sobre la superficie de ambas caras de las tablas para lograr el espesor y acabado suave uniforme deseado (Manrique,2015)

Bustamante (2010) señala que el cepillado es la prueba que determina los efectos en la madera de los diferentes ángulos de corte y velocidades de alimentación.

**Figura 12.**  
*Proceso de cepillado*



### 2.2.6.2 Lijado

Es necesario antes del acabado final de la superficie y generalmente se lo realiza en dos etapas: la primera elimina las superficies rugosas, como las creadas por el cepillado, generalmente con una lija más fina de menos de 80; y la segunda consiste en emplear la lija de grano 100 para preparar una superficie de alta calidad, donde se minimice la profundidad de las rayas del lijado para aplicar los acabados finales (Moya Leandro, Córdoba, Serrano & Monge, 2004).

Norton (2018) por su parte menciona que para conseguir una buena pintura en la madera es lijar directamente en el resultado final del mueble de madera. Sin un lijado adecuado, no hay duda de que el acabado no será el esperado, Sin embargo, esto está muy por debajo de la calidad que esperaría el comprador final.

#### **Figura 13.**

*Proceso de lijado*



### 2.2.6.3 Moldurado

Flores & Muñoz (1989, como se citó en Vega 2020) indican que es una operación que se realiza en los bordes de las piezas para darle a la madera un buen acabado y forma. El proceso del

moldurado toma diferentes formas dependiendo de la forma que posea la herramienta de corte, que puede ser recta, curva o una combinación de piezas.

El moldurado consiste en realizar operaciones sobre la madera, para hacer más seguros los bordes o aristas, redondeadas y para hacer la madera más decorativa. (Enrique, 2022)

**Figura 14.**  
*Proceso de moldurado*



#### **2.2.6.4 Taladrado**

Es una operación utilizada para crear un agujero circular en un pedazo de madera. La perforación se la realiza con una herramienta cilíndrica giratoria llamada broca que tiene un borde cortante en el extremo. La broca se guía hacia el pedazo de madera para crear un orificio, cuyo diámetro está determinado por el diámetro de la broca (Acero, 2018)

Herrera e Hidalgo (s/f, como se citó en Meneces 2013), señalan que los factores que afectan la calidad, el desgaste, la eficiencia y el gasto de energía en taladrarse son:

- **Factores relativos de la madera**

Son: propiedades físicas, mecánicas, características anatómicas, contenido de humedad las cuales afectan al taladrado.

– **Factores relativos a máquinas y brocas**

Existen diferentes tipos de taladro, desde el berbiquí (taladro antiguo manual utilizado en ebanistería), hasta los taladros complejos, automáticos con cabezales múltiples verticales. Los taladros más conocidos son: taladros portátiles, múltiples verticales y horizontales.

– **Condiciones de corte**

*Velocidad de corte de la broca, puntilla u otros:* Una velocidad de giro excesiva reduce la eficiencia, ya que limita la velocidad y su penetración; y producen quemaduras internas del hueco y desgaste acelerado en los filos.

*Carga de penetración:* utiliza carga de alta penetración para lograr una alta velocidad de penetración, especialmente para especies con alta densidad.

Entonces, dada la carga de penetración, la densidad de las especies y la potencia instalada, habrá un valor para la velocidad de rotación, la carga de penetración es la fuerza aplicada a un pedazo de madera para impactar o dañar la madera.

**Figura 15.**

*Proceso de taladrado*



### 2.2.6.5 Torneado

El torneado es una de las técnicas más antiguas utilizadas en la fabricación y decoración de muebles, y la mayor parte del tiempo consiste en dar forma cilíndrica a la pieza y decorarla con anillos y surcos poco profundos realizados en el propio torno (Reglero, 2004)

Moya *et al* (2004), Esta es la operación para obtener una parte cilíndrica de una parte cuadrada. El torneado es importante cuando se fabrican artículos de madera como portalámparas y patas de cama, entre otros.

**Figura 16.**  
*Proceso de torneado*



## CAPITULO III

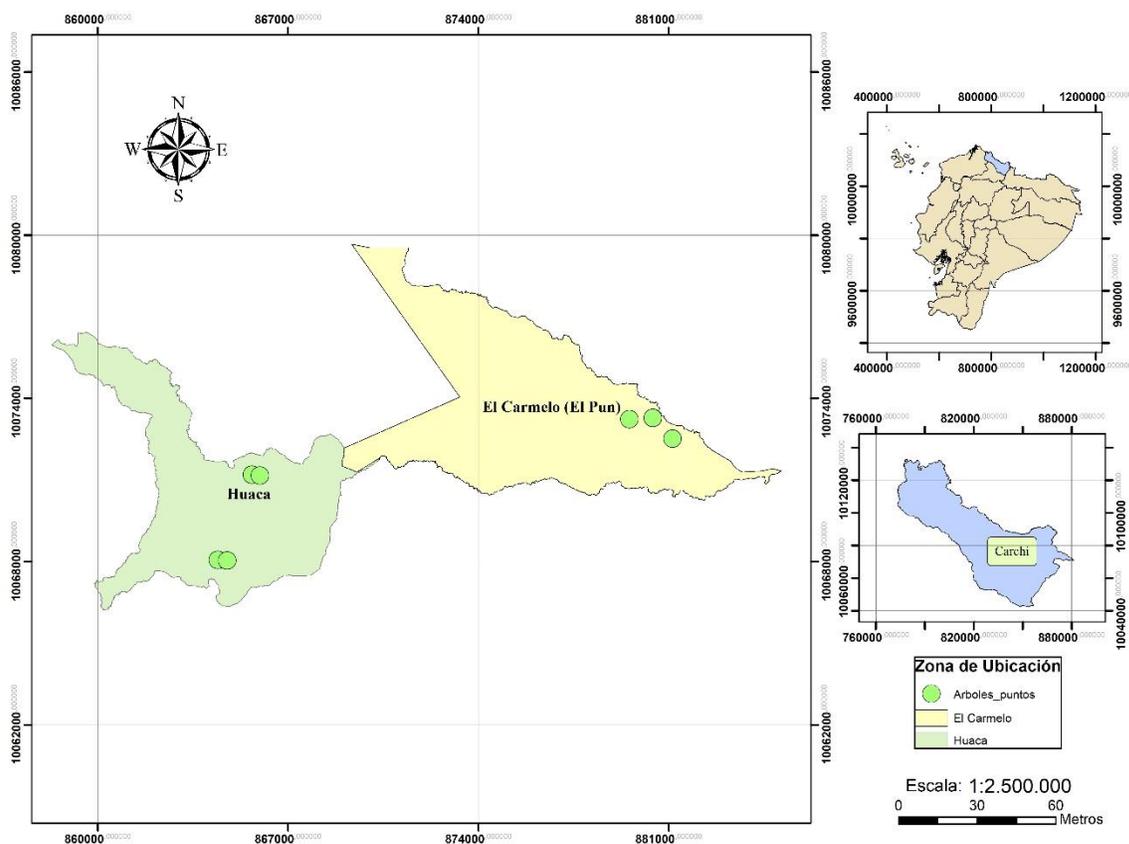
### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación del lugar

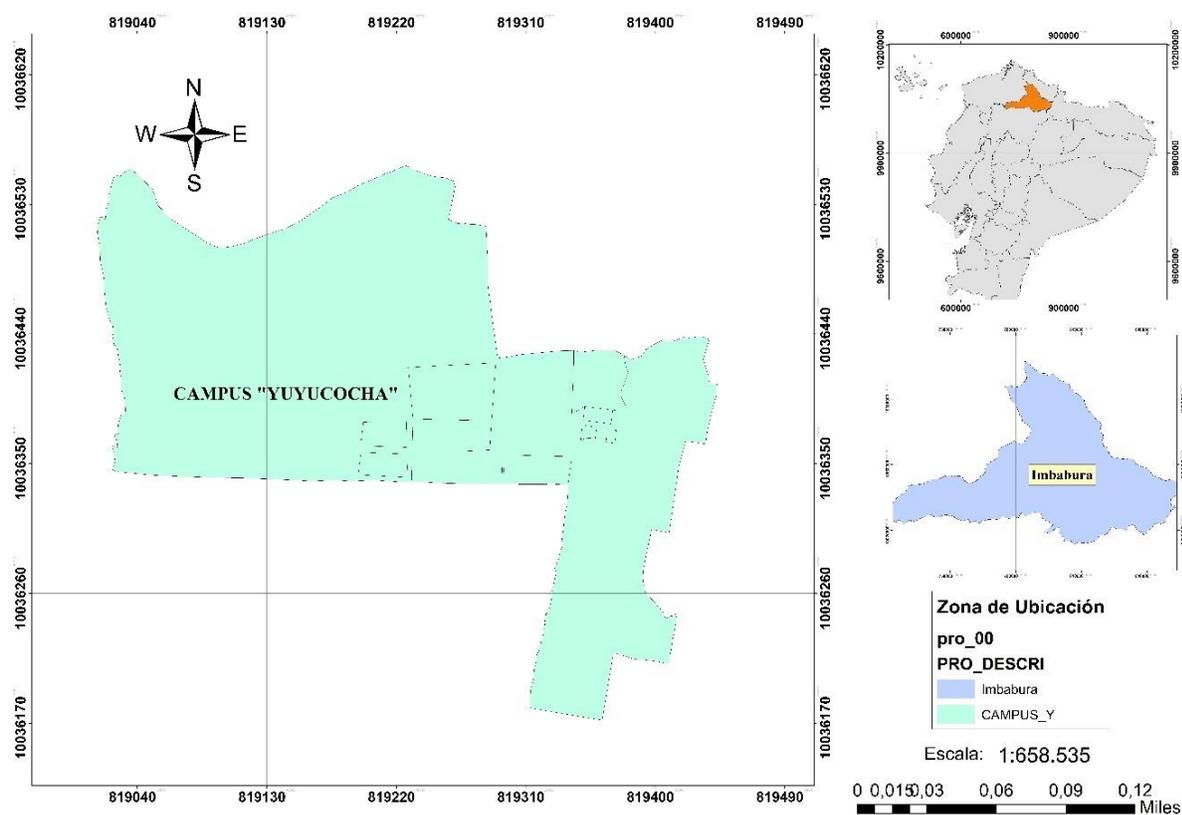
##### 3.1.1 Zonas de trabajo

La presente investigación se realizó en dos fases la de campo en dos sitios, el primero en la parroquia Huaca, cantón San Pedro de Huaca, y el segundo en la parroquia El Carmelo, cantón Tulcán, provincia del Carchi, Ecuador. Ver Figura 17 y 18. La fase de laboratorio y central maderera se la realizó, en el cantón Ibarra, campus “Yuyucocha” de propiedad de la Universidad Técnica del Norte.

**Figura 17.**  
*Ubicación de árboles de *Juglans neotropica* Diels*



**Figura 18.**  
*Campus "Yuyucocha"*



### 3.1.2 Ubicación de los árboles de *Juglans neotropica* Diels

Los árboles seleccionados para la investigación se encontraron ubicados en las siguientes coordenadas. Tal como se muestra en la tabla 4.

**Tabla 4 .**  
*Coordenadas geográficas árboles de Juglans neotropica* Diels

Sector	Puntos	Longitud	Latitud
Huaca	1	77° 43' 36'' W	0° 36' 53'' N
	2	77° 43' 38'' W	0° 36' 55'' N
	3	77° 42' 56'' W	0° 38' 34'' N
	4	77° 42' 58'' W	0° 38' 36'' N

Sector	Puntos	Longitud	Latitud
	5	77° 34' 59'' W	0° 39' 42'' N
El Carmelo	6	77° 34' 61'' W	0° 39' 44'' N
	7	77° 34' 63'' W	0° 39' 46'' N

### 3.1.3 Límites

De los siete árboles seleccionados para la investigación de la especie *Juglans neotropica* Diels, dos se encontraron ubicados en el predio del señor Juan Reascos en el sector de Pispud limitando al norte y este con el río Obispo, al oeste con el camino público y al sur con la propiedad del señor Manuel Reascos. Dos en el predio del señor Segundo Benavidez, en el sector Guananguicho Sur, limitando al norte con la propiedad del señor Pedro Paillacho, al sur con el predio del señor Luis Chamorro, al este con el camino público y al oeste con el río Obispo de la parroquia Huaca.

En la parroquia el Carmelo, se encontraron los tres árboles ubicados en el predio de la señora María Cúaran como lindero, limitando al norte con quebrada el Carmelo, al sur con el camino público, al este con la propiedad del señor Fernando Pérez y al oeste con la propiedad del señor Bladimir Guerrón.

## 3.2 Caracterización edafoclimática del lugar

### 3.2.1 Suelo

En la parroquia Huaca los suelos son generalmente profundos con una textura franco a franco limosa, topografía plana, bien drenados, buena retención de agua y de buena capacidad para la proporción de nutrientes vegetales. (Gobierno autónomo descentralizado San Pedro de Huaca [GAD];2019)

Sobre la fertilidad de los suelos de la Parroquia El Carmelo, sus suelos poseen una fertilidad mediana, no presentan salinidad. Y la textura de los suelos es considerada como textura media y moderadamente gruesa. (Gobierno autónomo descentralizado El Carmelo [GAD], 2019)

### 3.2.2 Clima

La parroquia Huaca posee un clima ecuatorial de alta montaña, que supera los 3000 msnm, predominante es el ecuatorial mesotérmico semihúmedo, bajo esa cota altitudinal. (GAD Huaca, 2019)

El Carmelo tiene un clima ecuatorial frío de alta montaña, caracterizado por una altitud de más de 2.900 metros. La elevación es un factor para determinar la temperatura y las lluvias. (GAD el Carmelo, 2019)

Siguiendo esa clasificación las características predominantes en los principales parámetros que miden la dinámica climática, en los territorios, se tienen las siguientes características detalladas en la tabla 5.

**Tabla 5.**  
*Variables climáticas de las parroquias Huaca y el Carmelo*

<b>Parroquias</b>	<b>Variables climáticas</b>
<b>Huaca</b>	<b>Temperatura</b> La temperatura promedio es de 12°C, determinado en base a la interpolación de la información recopilada en las estaciones meteorológicas del INAMHI, cuya variación de la temperatura anual y mensual nunca supera los 5°C.
	<b>Precipitación</b> Las precipitaciones varían entre 1200 y 2000 mm anuales.
	<b>Humedad</b> El grado de humedad relativa es alta, por cuanto es del orden de 75% en la mayor parte del área.

Parroquias	Variables climáticas	
El Carmelo	<b>Temperatura</b>	Promedio 12,5 °C, Rango de 8 a 14 °C.
	<b>Precipitación</b>	800 - 1000 mm anuales lluvias distribuidas de forma uniforme durante la mayor parte del año, reduciéndose levemente entre los meses de junio y septiembre.
	<b>Humedad</b>	80,30%. (Humedad promedio de los últimos 7 años)

**Fuente:** (GAD Huaca, 2022); (GAD El Carmelo, 2019)

### 3.2.3 Características de los árboles

En las características utilizadas como criterios de selección en esta investigación se tuvieron altura, diámetro, estado fitosanitario y disposición para la compra y extracción.

Los siete individuos seleccionados cumplieron con las características establecidas con un diámetro de más de 40 cm, una altura entre 10 a 12 m, estado fitosanitario bueno sin ninguna enfermedad o fisura, tronco recto y de fácil acceso para su corta y extracción.

### 3.3 Materiales, equipos y software

Los materiales de campo, laboratorio, equipos y software que se emplearon en el desarrollo de la investigación fueron:

#### Tabla 6.

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

Materiales de campo	Materiales de laboratorio	Equipos	Software
Cinta métrica	Calibrador digital	GPS.	Microsoft Word.
Hoja de campo	Estufa	Hipsómetro suunto.	Microsoft Excel.
Machete	Lijadora manual	Computadora	ArcGIS 10.5

<b>Materiales de campo</b>	<b>Materiales de laboratorio</b>	<b>Equipos</b>	<b>Software</b>
	Cajas Petri	Balanza electrónica	InfoStat
	Porta y cubre objetos	Microscópico eléctrico	Microsoft Power point
	Colorantes de placas	Microtomo	
	Alcohol	Canteadora	
	Safranina	Cepilladora	
	Lija N. 60	Cierra circular	
	Lija N. 100	Motosierra	
		Torno	

### 3.4 Metodología

#### *3.4.1 Selección y colección de muestras de madera*

La Norma INEN 1158, se utilizó en la obtención de las muestras de madera y para la medición y cubicación de las probetas la Norma INEN 1159. La descripción de las características anatómicas se realizó en base a la norma INEN 1163, los ensayos de las propiedades físicas en base a la norma COPANT 459, para establecer los ensayos de trabajabilidad se utilizó la norma ASTM D 1666-87.

#### *3.4.2 Establecimiento de los usos potenciales*

Se utilizó la Norma INEN 2580. Las diferentes muestras, fueron establecidas por las normas INEN, ASTM y COPANT con las que se pudo evaluar los resultados en base a estimadores estadísticos como la media, desviación estándar, error estándar y coeficiente de variación.

### 3.4.3 Universo - población

El universo estuvo conformado por 17 individuos de la especie entre una edad estimada de 30 a 40 años, los cuales fueron seleccionados por tener mayor facilidad de acceso y poseer las mejores características físicas.

### 3.4.4 Tamaño de la muestra

Utilizando la norma INEN 1158 se seleccionaron siete árboles con las mejores características fenotípicas (sano, tronco recto y sin deformaciones). Para el estudio de las características anatómicas se utilizó seis muestras de xiloteca y diez cubos de madera. En las propiedades físicas 49 probetas y 105 para los ensayos de trabajabilidad.

## 3.5 Determinación de las propiedades anatómicas

La preparación de las muestras se realizó bajo los estándares de la norma (INEN 1163, 2012) tal como se muestra en la Tabla 7.

**Tabla 7.**

*Dimensiones de la muestra*

Ensayo	Dimensión de las probetas (cm)	Número de Probetas
Descripción microscópica	1,5x1,5x1,5	10
Descripción macroscópica	15x10x2	6

**Fuente:** (INEN, 2012)

### 3.5.1 Descripción de las características organolépticas

Al describir las propiedades organolépticas de *Juglans Neotropical* Diels, se consideró los estándares establecidos en la norma (INEN 1163, 2012), que describen:

- Color: Se realizó de manera visual, basándose en la información establecida en la Tabla de colores de suelo Munsell (Munsell, 1975).
- Transición de albura a duramen: Note el cambio de coloración de albura a duramen.
- Sabor: A través del gusto, se procedió a probar las muestras y determinar el sabor (agrio, amargo, astringente, dulce o ninguno).
- Olor: gracias a el olfato, se logró percibir y describir en el caso de mostrar un olor característico.
- Brillo: bajo la exposición de luz directa y en la sección tangencial de la muestra se observó el grado del brillo.
- Veteado: se observó en la sección tangencial, si es bien definido.
- Grano: en la cara tangencial se determinó si presenta (recto, oblicuo, entrecruzado, ondulado).
- Textura: Se estableció en el corte tangencial radial (fina, media, gruesa).

### ***3.5.2 Características microscópicas***

Los cortes de las muestras deben tener el espesor adecuado de alrededor 20 micras, que permita la observación de los detalles anatómicos y de los aspectos del conjunto; se utilizó placas transparentes de cortes de madera de la siguiente manera:

- a) **Ablandamiento de los cubos de madera.** - Los cubos con orientación tangencial, radial y transversal con dimensiones de 2.5 x 2.5 x 2.5 cm, fueron ablandados a base de cocción en agua hasta llegar al punto de ebullición (5 horas, olla de presión) y se verificó el estado de ablandamiento realizando cortes en el micrótopo.

- b) Corte de láminas.** – Los cortes se realizaron en el micrótopo en láminas horizontales con espesores de 10 a 15 micras para los planos tangencial y radial, además para el corte transversal se lo realizo a las 20 micras. Se realizó el seguimiento pertinente para la calidad y orientación de las láminas con la finalidad de observar en el microscopio eléctrico, las láminas se colocaron en cajas Petri debidamente codificadas.
- c) Lavado de láminas.** – En el proceso de corte, los tejidos sufrieron rupturas y presentaron pequeñas partículas de tejidos, las cuales fueron eliminadas, mediante la inmersión de cada corte en agua destilada a fin de obtener cortes sin residuos de tejidos.
- d) Deshidratación de tejidos.** – En el proceso se aplicó soluciones alcohólicas al 35°, 50°, 75°, 90°, 95° y alcohol absoluto. Para esto, los cortes permanecieron durante cinco a diez minutos en cada solución alcohólica, empezando desde el grado menor hasta llegar al alcohol absoluto.
- e) Coloración de láminas.** - Se aplicó gotas de safranina al 1% en solución alcohólica, hasta cubrir los cortes, y se dejó en reposo durante 36 horas.
- f) Eliminación del exceso de colorante y lavado de cortes.** - Se aplicó una solución de alcohol al 95° o alcohol absoluto con el fin de remover el exceso de colorante en los cortes. Este proceso se repitió hasta obtener una solución cristalina después del lavado. Finalmente, se dejó reposar en alcohol absoluto hasta el momento del montaje de las placas.
- g) Montaje y etiquetado de láminas.** – De acuerdo a la norma (INEN 1163, 2012), se procedió a colocar en el costado derecho del porta objetos los tres cortes de las especies con el siguiente orden: izquierda el transversal, al medio el tangencial y a la derecha el radial, además se agregó dos gotas de adhesiva para placas, disuelto en alcohol a

temperatura alta sin llegar al punto de ebullición. Posteriormente, se colocó sobre las láminas el cubreobjetos rectangular y se procedió al etiquetado.

- h) Secado de las placas.** - Se colocó las placas en la estufa a 45 °C y sobre el cubreobjetos un peso de 350 g para proporcionar una presión constante mientras se secan las láminas.

Una vez preparadas las muestras se observó los vasos, la distribución que poseen, su disposición, la frecuencia con la que aparecen, entre otros estándares bajo la norma.

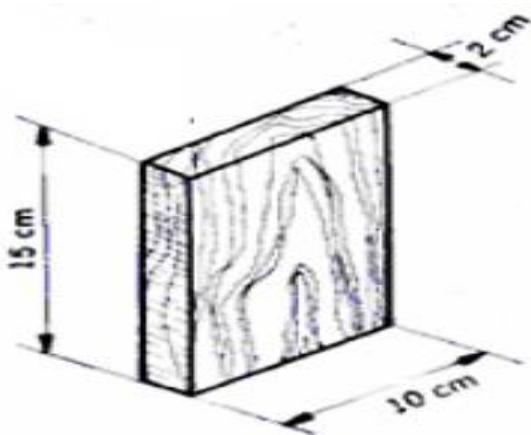
### 3.5.3 Características macroscópicas

En el Laboratorio de Anatomía de la madera y xiloteca ubicado en el campus “Yuyucocha” se determinó las características anatómicas en las muestras de xiloteca como se muestra en la figura 19, mediante el uso de una lupa 10 X de acuerdo con la norma COPANT N.º 30:1- 019.

Se procedió a realizar un corte en la sección transversal con el fin de visualizar los diferentes tipos de poros, radios medulares y sus parénquimas. En cambio, en la sección transversal, se observó los parénquimas y para la sección longitudinal tangencial, se observó la altura de los radios, su distribución y sus canales secretores.

#### **Figura 19.**

*Muestra para descripción de las características macroscópicas.*

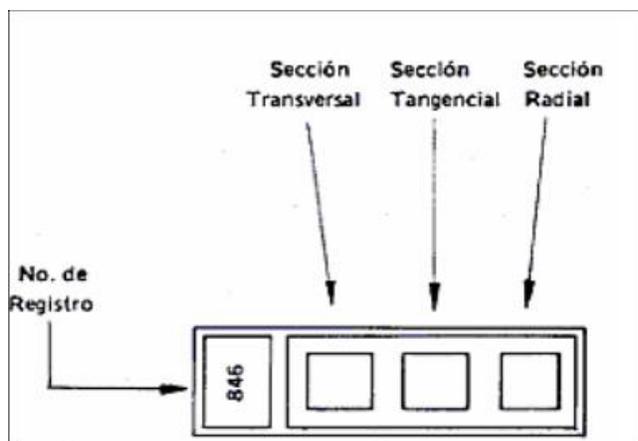


**Fuente:** (Norma COPANT 459, 1972)

Se empleó la Lista de las Características Microatómicas para la Identificación de Maderas Duras de acuerdo a la (International Association of Wood Anatomists [IAWA], 2007) para establecer las características microanatómicas.

**Figura 20.**

*Placa para la descripción y medición de las características.*



**Fuente:** (NORMA - 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 de radios de acuerdo con los klibs.

**Corte radial:** Se realizó la identificación; mediciones de altura, ancho y clasificación de los radios medulares según el tipo de células.

### 3.6 Determinación de las propiedades físicas

Como se muestra en la tabla 8, conforme a lo establecido en las normas COPANT 459 (1972).

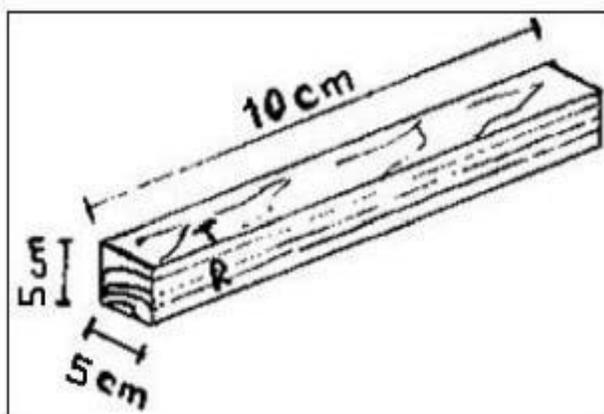
**Tabla 8.**  
*Probetas para ensayos de propiedades físicas*

Ensayo	Dimensión probetas (cm)	Orientación	Número de Probetas
Contenido de Humedad	10x5x5	T/R	49
Densidad	10x5x5	T/R	49
Contracción	10x5x5	T/R	49

T= Tangencial; R = Radial

**Fuente:** (Comisión Panamericana de Normas Técnicas [COPANT 459], 1972)

**Figura 21.**  
*Probetas para propiedades físicas*



**Fuente:** (Norma COPANT 459, 1972)

### 3.6.1 Contenido de humedad

De acuerdo a la norma COPANT 460, se dio uso de siete probetas por cada árbol, dando un total de 49, con orientación tangencial/radial y libres de defectos.

Se realizó un etiquetado a las probetas, con su respectiva medición y se pesó en una balanza digital JADEVER en estado verde, para luego dejar 45 días en estado ambiente. Se observó cada

veinticuatro horas hasta llegar a obtener un peso consecutivo similar en las probetas. En la segunda toma de datos, se colocó en una estufa eléctrica Memmert regulando la temperatura a  $103 \pm 2$  °C por el intervalo de 24 horas y cada 6 horas se tomó pesos parciales hasta tener dos pesos consecutivos iguales y luego se procedió a la tercera toma de datos.

Ecuación para la estimación del CH%:

$$CH\% = \frac{PV - PSH}{PSH} \times 100$$

Ecu. 2

Donde:

CH%: Contenido de humedad expresado en porcentaje (%).

PV: Peso de la probeta en estado verde expresado en gramos (gr).

PSH: Peso de la probeta en estado anhidro expresado en gramos (gr).

### **3.6.2 Densidad**

Se determinó mediante la norma COPANT 461, se usó siete probetas por cada árbol, total 49, en sentido tangencial / radial.

Se consideró las condiciones de la madera (verde, seca al aire, anhidra) y se analizó la densidad básica.

#### **3.6.2.1 Madera en estado verde**

Para comprender la densidad en esta condición las probetas fueron embaladas en plástico para mantener su humedad, posteriormente se usó una balanza para saber el peso en verde (PV).

Además, se tomó las medidas con un calibrador pie de Rey, esto para medir las caras de la probeta y así determinar el volumen en verde.

### 3.6.2.2 Densidad en estado verde

$$DV = \frac{PV}{VV} g/cm^3$$

Ecu. 3

Donde:

DV: densidad de la probeta en verde expresada en  $gr/cm^3$ .

PV: peso de la probeta en verde expresado en (gr).

VV: volumen de la probeta en verde expresada en  $cm^3$ .

### 3.6.2.3 Madera en estado seco al aire

Las probetas fueron expuestas al ambiente por un lapso de 45 días donde, las probetas obtuvieron pesos similares.

$$DSA = \frac{PSA}{VSA} g/cm^3$$

Ecu. 4

Donde:

DSA: Densidad de la probeta en condición seca al aire expresada en  $gr/cm^3$ .

PSA: Es el peso de la probeta en estado seco al aire expresado en gramos (gr).

VSA: Volumen de la probeta en estado seco al aire expresado en  $gr/cm^3$ .

### 3.6.2.4 Madera en estado seco al horno (anhidra)

Las probetas fueron medidas tangencialmente, radialmente y longitudinalmente con el fin de obtener el volumen de “DSH” a través de la ecuación 4:

$$DA = \frac{PSH}{VSH} g/cm^3$$

Ecu. 5

Donde:

DA: Densidad anhidra expresada en gr/ cm<sup>3</sup>.

PSH: Peso en estado seco al horno expresado en gramos (gr).

VSH: Volumen en estado seco al horno expresado en cm<sup>3</sup>.

### 3.6.2.5 Densidad básica

Se tomó los pesos en estado seco al horno y se lo relacionó con el volumen en estado verde.

$$DB = \frac{PSH}{VV} g/cm^3$$

Ecu. 6

Donde:

DB: Densidad básica expresada gr/cm<sup>3</sup>.

PSH: es el peso de la probeta en estado seco al horno expresado en gramos (gr).

VV: Volumen de la probeta en estado seco, verde expresado en cm<sup>3</sup>.

### 3.6.3 Contracción

De acuerdo a la norma INEN 1164, se utilizó 49 probetas, las cuales están dimensionadas en: 5×5×10, con orientación tangencial/radial. Se señaló las probetas en las seis caras con la

finalidad de indicar las posiciones donde debe realizarse la medición. Luego se procedió a medir con el calibrador digital en las tres dimensiones de las probetas. Ver tabla 9

**Tabla 9.**  
*Ecuaciones para determinar la contracción*

<b>Dimensión</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Descripción</b>
<b>Longitudinal.</b> Medir perpendicularmente en las cara radial y tangencial desde la base inferior hacia la parte superior.	$CLN(\%) = \frac{DLV - DSLA}{DLV} \times 100$ <p style="text-align: center;">Ecu. 7</p>	<p><b>CLN%</b>= Contracción longitudinal normal de la probeta en condición verde al seco al ambiente en porcentaje.</p> <p><b>DLV</b>= Dimensión longitudinal de la probeta en estado verde expresada en milímetros (mm)</p> <p><b>DLSA</b>= Dimensión longitudinal de la probeta en condición seco al ambiente, expresado (mm)</p>
	$CLN(\%) = \frac{DLV - DSLH}{DLV} \times 100$ <p style="text-align: center;">Ecu. 8</p>	<p><b>CLN%</b>= Contracción longitudinal total de la probeta de estado verde a estado anhidro expresada en (%).</p> <p><b>DLV</b>= Dimensión longitudinal de la probeta en estado verde expresada, en milímetros (mm).</p> <p><b>DLSH</b>= Dimensión longitudinal de la probeta en estado anhidro, expresado en (mm).</p>
<b>Radial.</b> Medir la separación existente entre las diferentes caras tangenciales con una distancia de 3 cm de las bases hacia el centro de los dos extremos.	$CRN(\%) = \frac{DRV - DRSA}{DRV} \times 100$ <p style="text-align: center;">Ecu. 9</p>	<p><b>CNR%</b>= Contracción en sentido radial normal de la probeta en condiciones verde y también seco al ambiente expresada en porcentaje (%).</p> <p><b>DVR</b>= Dimensión radial en estado verde de la probeta expresada en mm</p> <p><b>DRSA</b>= Dimensión radial de la probeta en seco al ambiente, expresado en mm.</p>

<b>Dimensión</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Descripción</b>
	$\text{CRT}(\%) = \frac{\text{DRV} - \text{DRSH}}{\text{DRV}} \times 100$ <p>Ecu. 10</p>	<p><b>CTR%</b>= Contracción radial total de la probeta de estado verde al estado anhidro.</p> <p><b>DVR</b>= Dimensión radial de la probeta en verde expresada en mm.</p> <p><b>DRSH</b>= Dimensión radial de la probeta anhidra expresada en mm.</p>
<b>Tangencial.</b>	$\text{CTN}(\%) = \frac{\text{DTV} - \text{DTSA}}{\text{DTV}} \times 100$ <p>Ecu. 11</p>	<p><b>CTN%</b>= contracción en sentido tangencial normal de la probeta en verde en estado al ambiente.</p> <p><b>DTV</b>= Dimensión tangencial de la probeta en estado verde en mm.</p> <p><b>DTSA</b>= Dimensión tangencial de la probeta en condición seco al aire, expresado en mm.</p>
Medir igual al procedimiento de la dimensión radial las dos caras radiales.	$\text{CTN}(\%) = \frac{\text{DTV} - \text{DTSH}}{\text{DTV}} \times 100$ <p>Ecu. 12</p>	<p><b>CTT%</b>= Contracción tangencial total de la probeta de verde a anhidra.</p> <p><b>DTV</b>= Dimensión tangencial de la probeta en verde expresada en mm.</p> <p><b>DTSH</b>= Dimensión tangencial de la probeta anhidra expresado en mm.</p>

**Fuente:** (Norma INEN 1164, 2013)

### 3.6.3.1 Contracción volumétrica total

Se conoce como la relación de la contracción en caras radiales y tangenciales por cada probeta, Este proceso se calculó con la siguiente ecuación:

$$Cvt = Clt + Ctt + Crt$$

Donde:

Ctv: Contracción volumétrica total de la probeta de estado verde, al estado anhidro dado en %.

Crt: Contracción radial total de la probeta, dado en (%).

Ctt: Contracción tangencial total de la probeta, dado en (%).

### **3.6.3.2 Relación tangencial/radial**

Es la relación entre la contracción tangencial y radial con el fin de analizar la estabilidad dimensional de las probetas.

$$T/R = \frac{CTT}{CRT}$$

Donde:

T/R: Relación tangencial radial.

CTT: Contracción tangencial total de la probeta, en (%).

CRT: Contracción radial total de la probeta en (%).

## **3.7 Determinación de las propiedades de trabajabilidad**

Para la evaluación de las probetas, se tomó en cuenta las normas ASTM D 1666-87, con la cual se realizó una identificación visual, donde se verificó la existencia de fibras y granos, de acuerdo a la tabla 10.

**Tabla 10.**  
*Probetas para los ensayos de propiedades de trabajabilidad*

Ensayo	Dimensión de las probetas (cm)	Orientación	Número de Probetas
Cepillado	100x10x6	T-R-O	105
Lijado	100x10x6	T-R-O	105
Moldurado	100x10x6	T-R-O	105
Taladrado	100x10x6	T-R-O	105
Torneado	15x5x5	T/R	35

T= Tangencial; R= Radial; O= Oblicuo

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

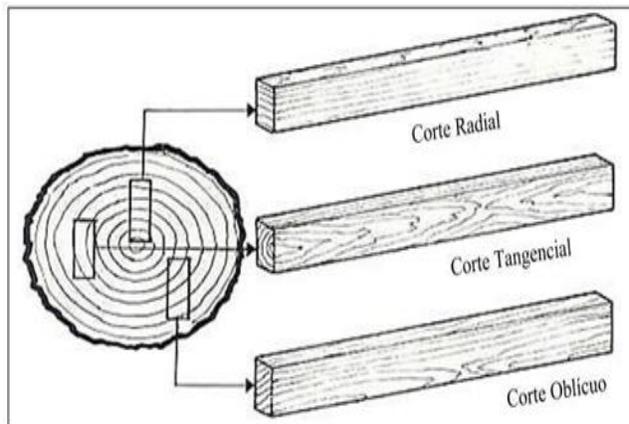
La magnitud de defectos en cada probeta se calificó como se muestra en la tabla 11.

**Tabla 11.**  
*Rango de evaluación según Normas ASTM*

Grado	Clasificación	Descripción
1	Excelente	La probeta no debe tener defecto alguno.
2	Bueno	Se captará de 10 a 20% de fibra levantada.
3	Regular	Se aceptará fibra levantada hasta en un 30% con grano desgarrado.
4	Malo	Se aceptará fibra levantada hasta en un 40% con grano desgarrado se aceptará hasta un 30%.
5	Muy malo	La fibra levantada estará sobre un 40% y grano desgarrado supera el 30%.

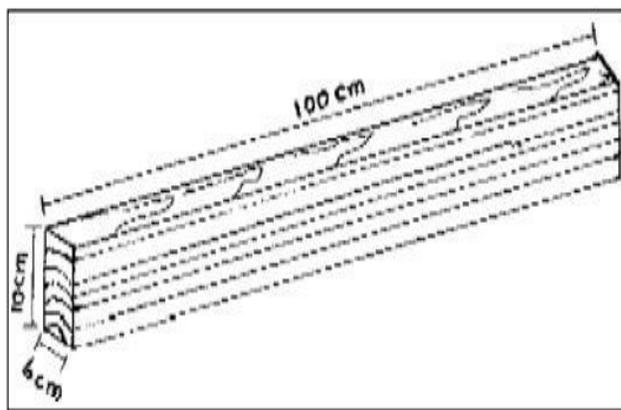
**Fuente:** *(ASTM, 1992).*

Las probetas fueron debidamente orientadas tanto en (tangencial, radial y oblicua) según la dirección en el tronco, como se aprecia en la figura 22. Los ensayos se realizaron en piezas de madera con un contenido de humedad estable.

**Figura 22.***Tipos de corte según la orientación en el tronco***Fuente:** (COPANT 459, 1972)

### 3.7.1 Cepillado

Para la realización de esta prueba se utilizaron en total 105 probetas, 35 por cada orientación y cinco por cada árbol.

**Figura 23.***Dimensiones probetas para ensayos de cepillado***Fuente:** (COPANT 459, 1972)

Una vez realizado el reconocimiento de las probetas, se codificó de tal manera que se observe el número de árbol, orientación y dirección; inmediatamente se marcó con una flecha en

el extremo de cada probeta para indicar la dirección a favor y en contra del grano, se realizó dos repeticiones a favor y dos en contra del grano para ver el comportamiento de la madera. En este ensayo se utilizaron tres cuchillas con un ángulo de corte de 45°.

La velocidad de alimentación de la cepilladora se identificó mediante un cronómetro. La velocidad hace referencia al tiempo que la probeta se demora en salir y entrar de la cepilladora. De acuerdo con la Norma ASTM D1666-87 (1992), la velocidad se determinó con la siguiente ecuación 15:

$$Val * \frac{t * vuelta}{6,9} = m/min$$

Ecu. 15

Donde:

Val: velocidad de alimentación

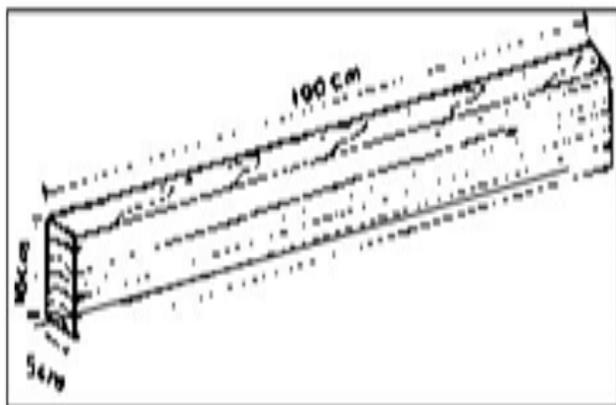
t: tiempo por vuelta

### **3.7.2 Lijado**

Para este ensayo se utilizaron las mismas probetas del ensayo anterior, teniendo un total de 105 probetas. Para esto, se realizaron 2 etapas:

- La primera con la lija número 60, la cual es más áspera y permitió alisar la superficie irregular originada por el proceso del cepillado.
- El uso de una lija número 100 determinó la eficiencia, calidad y los tipos de defectos que ocasionaron los dos tipos de lijas.

Dimensiones de probetas. Se utilizaron probetas de 100×10×5 cm.

**Figura 24.***Probeta para ensayos de lijado***Fuente:** (Norma COPANT 459, 1972)

Con un calibrador digital se midió la parte media de la probeta para al final del proceso conocer el desgaste de la misma, se realizó dos repeticiones, según el estado de está a favor y en contra del grano, para conocer la fricción se usó un termómetro el que determinó la temperatura de la lija para así conocer la fricción, además mediante un calibrador se midió la velocidad de desgaste de la lija y la velocidad de ensuciamiento esto relacionado con la eliminación fácil o difícil de las partículas de madera, y por último se evaluó nuevamente la probeta con el uso del calibrador.

### **3.7.3 Moldurado**

En este ensayo se utilizaron las mismas probetas del lijado, (105 probetas) en total. Se utilizó una fresadora manual de marca DEWALT, con una broca circular de  $\frac{3}{4}$  de pulgada, se hizo 2 repeticiones en los filos, y en la parte media de la probeta, para tener resultados a favor y en contra del grano, se tomó el tiempo de alimentación de la fresadora, y se calificó de acuerdo al grado de defecto de la probeta a favor y en contra del grano.

### **3.7.4 Taladrado**

Con el uso de las mismas 105 probetas del ensayo anterior, se procedió a realizar el taladrado con una broca adecuada.

Para este ensayo se ubico los puntos a taladrarse en la probeta, uno a cada extremo y a la distancia de 5 cm del filo, por lo tanto, se efectuó dos ensayos por probeta. Mediante la aplicación de fuerza manual, se realizó la penetración con su respectiva toma del tiempo con el cronómetro.

### **3.7.5 Torneado**

En este ensayó se utilizaron 35 probetas en su totalidad, en las caras radiales, tangenciales y oblicuas.

Se realizó con un torno manual ubicado en la central maderera, se usaron 3 clases de gubias una de 2 cm, 1 cm, 0.5 cm de ancho totalmente rectas, primero se dimensiono la probeta y se colocó en la maquina torneadora, con la gubia más grande (2cm), se dio forma cilíndrica a la probeta, luego con las dos gubias restantes se procedió a dar forma y diseño a la probeta en forma de carrete, uva y botella, comúnmente mencionadas por los carpinteros.

Finalmente, la calidad de grados de defectos se evaluó de acuerdo con la Norma ASTM D-1666-87 en la cual se tomó en cuenta: grano arrancado, grano velloso y grano levantado. La toma del porcentaje de afectación de defectos se realizó por medición directa en las zonas afectadas de cada probeta, auxiliándose de una lupa para identificar los tipos de defectos que se presentaran en las probetas.

## **3.8 Posibles usos**

Se utilizo como referencia la Norma INEM 2580 -2011. En la cual se han determinado los estándares para la clasificación y calificación de la madera aserrada proveniente de bosques

húmedos tropicales, con el objetivo de optimizar y aprovechar las materias primas forestales para su comercialización. La norma permite conocer los destinos más adecuados para la madera aserrada, con el fin de evitar los desperdicios resultantes de las piezas que no cumplen las condiciones necesarias para otros usos específicos.

Según la norma INEM 2850 - 2011, la densidad es uno de los parámetros que se consideró para su clasificación en los usos, haciendo comparaciones de su densidad con la de otras que tengan usos reconocidos y a partir de dicha comparación se sugieren sus usos potenciales. así como se muestra en la tabla 12.

**Tabla 12.**  
*Clasificación para usos de la madera*

<b>Clases de usos</b>	<b>Definición</b>
Clase de uso "A"	Maderas cuya densidad básica es mayor que 0,71 g/cm <sup>3</sup>
Clase de uso "B"	Maderas con densidad básica superior a 0,55 g/cm <sup>3</sup> e inferior a 0,70 g/cm <sup>3</sup>
Clase de uso "C"	Maderas cuya densidad básica es mayor que 0,40 g/cm <sup>3</sup> y menor que 0,54 g/cm <sup>3</sup>
Clase de uso "D"	Especies cuya densidad básica es menor o igual que 0,40 g/cm <sup>3</sup>

**Fuente:** (INEN 2580,2011)

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la prueba de trabajabilidad, se evaluaron las imperfecciones y tolerancias de diferentes grupos de madera y se compararon con los parámetros que se muestran en la Tabla 13.

**Tabla 13.**  
*Defectos y tolerancias anatómicos para el uso de la madera*

<b>Defectos</b>	<b>Maderas para estructuras</b>	<b>Maderas para recubrimiento</b>	<b>Maderas para muebles</b>	<b>Otros usos y encofrado</b>
1- Anatómicos				
Anatomía				
– Medula incluida	No se permite	Permisible 5%	Permisible 5%	Permisible
– Duramen quebradizo	No se permite	No se permite	No se permite	15%
– Bandas anchas				
– Parénquima				
Grano				
– Recto		Permisible	Permisible	Permisible
– Inclinado	Permisible	Hasta 1/8 pieza	Hasta 1/8 pieza	Permisible
– Entrecruzado	Hasta 1/8 pieza	Hasta 1/8 pieza	Hasta 1/8 pieza	Indiferente
– Nudos	Hasta 1/8 pieza			Indiferente
– Sano	¼ ancho cara			
– Hueco				
– Arracimado				
Nudos		¼ ancho cara	¼ ancho cara	Indiferente
– Sano	1/8 ancho cara	1/8 ancho cara	1/8 ancho cara	Indiferente
– Hueco	No se permite	No se permite	1/8 ancho cara	Indiferente
– Arracimado				

Una vez determinada la densidad básica y clasificarla de acuerdo a la tabla 12 se toma en cuenta los defectos originados en la constitución anatómica de las piezas, como indica la Tabla 13. Posteriormente, al obtener los ensayos de trabajabilidad, se conoció el uso correcto de la transformación de la madera y se destinó los usos posibles. Finalmente se clasificó según (Baluarte & Arostegui, 1991), ver tabla 14.

**Tabla 14.**  
*Clasificación según el comportamiento de trabajabilidad*

<b>GRUPO</b>	<b>Descripción</b>
Grupo I	Comportamiento muy bueno: Para madera con densidad media, grano recto y dureza baja.
Grupo II	Comportamiento bueno: Para madera con densidad muy baja a media, grano recto, dureza muy baja a baja.
Grupo III	Comportamiento regular: Para maderas con densidad baja a alta, grano recto, entre cruzado a oblicuo, dureza muy baja a media.
Grupo IV	Comportamiento malo: Para maderas con densidad alta a muy alta, grano recto ha entrecruzado, contenido de sílice, dureza baja, alta o muy alta.

**Fuente:** (INEN, 2011)

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Características organolépticas

La madera de *Juglans neotropica* Diels en condición verde posee una coloración en la albura pardo amarillento y en el duramen café oscuro. Sin embargo, al cambiar a estado seco al aire la albura presenta un color pardo oscuro y en el duramen un café oscuro con una apariencia de color negro, representado en la tabla de Munsell con el código 2.5Y-5/4, como se muestra en la figura 25.

Esta madera en estado verde presenta un olor astringente y en estado seco, medianamente aromático, sabor ligeramente dulce, brillo alto, textura media, vetado arcos superpuestos y grano generalmente recto a veces ondulado.

#### Figura 25.

*Muestra de xiloteca de la especie Juglans neotropica Diels*



#### 4.1.1 Características macroanatómicas

Los anillos de crecimiento son visibles a simple vista con una porosidad difusa, de forma oval, tamaño mediano, cantidad excesiva, disposición radial o flamiforme en agrupación de

múltiples radiales cortos. El parénquima es axial paratraqueal unilateral visible con una lupa 10X, como se muestra en la figura 26.

**Figura 26.**

*Corte transversal de la madera de Juglans neotropica Diels*

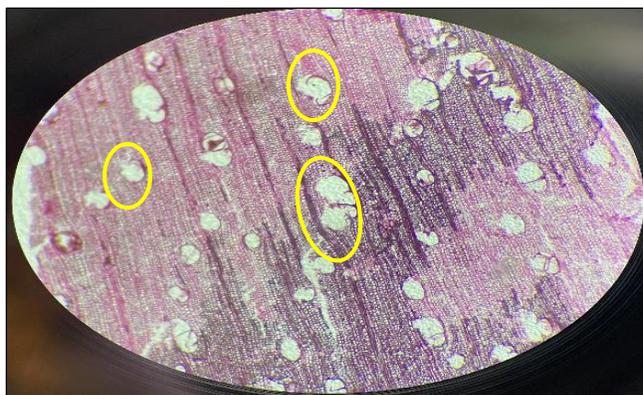


**4.1.2 Características microanatómicas**

En el corte transversal se presentó poros solitarios y múltiples radiales cortos de dos células y ovals; de tamaño mediado, número de poros por  $\text{mm}^2$  entre 21 a 35 unidades, por ello, son considerados poco numerosos, porosidad difusa, parénquima axial paratraqueal unilateral. Como se muestra en la figura 27.

**Figura 27.**

*Características macroscópicas - corte transversal Juglans neotropica Diels*



**Nota:** Poros solitarios y múltiples radiales cortos de dos células

En la sección tangencial, mediante un lente óptico 4x se pudo observar radios biseriados tipo II de kribis; como se observa en la figura 28.

**Figura 28.**

*Características macroscópicas - corte tangencial Juglans neotropica Diels*



**Nota:** radios biseriados tipo II de kribis

Con respecto al corte radial visto con un lente 4x, se observó radios heterogéneos con presencia de células erectas y procumbentes, ancho de radios 0,32  $\mu\text{m}$  y altura de radios de 0,52  $\mu\text{m}$ . Cómo se muestra en la figura 29.

**Figura 29.**

*Características macroscópicas - corte radial Juglans neotropica Diels*



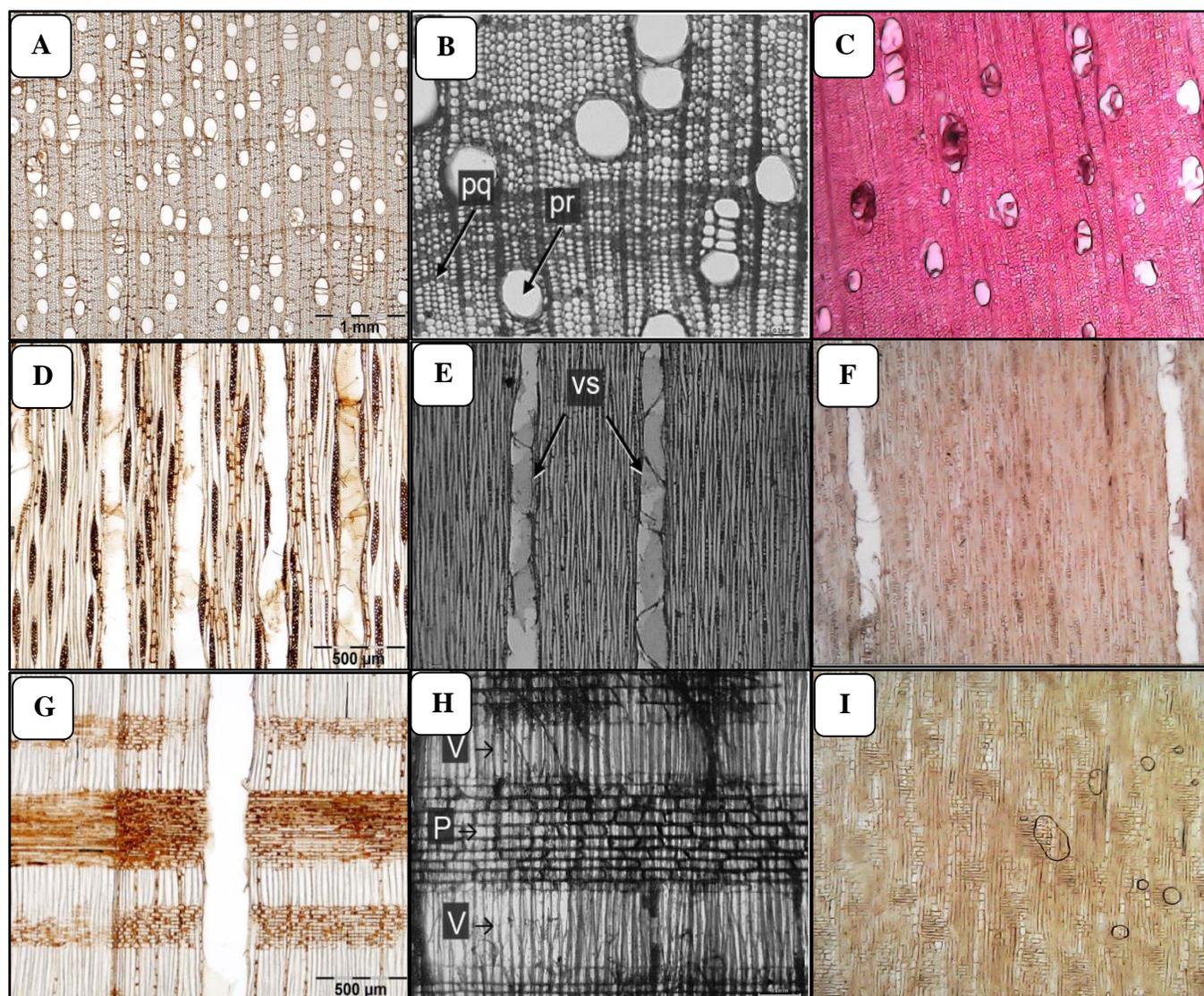
**Nota:** radios heterogéneos con presencia de células erectas y procumbentes

En la investigación realizada por H.G. Richter & M.J. Dallwitz (2000), detalló que en la especie *J. regia* existe porosidad semianular (ocasionalmente hasta porosidad difusa). Poros agrupados, generalmente en grupos radiales cortos (de 2–3). Número de poros /mm<sup>2</sup>: 3–14. Tíldes presentes, de paredes finas; parénquima axial apotraqueal difuso y radios homocelulares procumbentes.

Yamberla (2023) señala en su investigación que *J. neotropica* Diels en las características macroscópicas posee poros solitarios y múltiples radiales cortos, parénquima axial paratraqueal unilateral, radios heterogéneos de tipo III de Kribs, con células procumbentes.

Mientras que Armijos *et al* (2017) en su investigación detalla que *J. neotropica* Diels posee porosidad semicircular, poros solitarios y múltiples en diagonal, radios uniseriados, células procumbentes de 2 a 10 filas y verticales; parénquima axial en finas bandas. Como se muestra en la figura 30. Esta diferencia posiblemente se deba a que son especies de ámbitos de desarrollo diferentes. Así se puede ver las imágenes (A, D, G) que corresponde a *J. regia* en tanto que (B, E, H) corresponde a *J. neotropica* Diels y (C, F, I) corresponde a *J. neotropica* Diels (Carchi).

**Figura 30.** Características microanatómicas de *Juglans regia* Vs. *Juglans neotropica* Diels



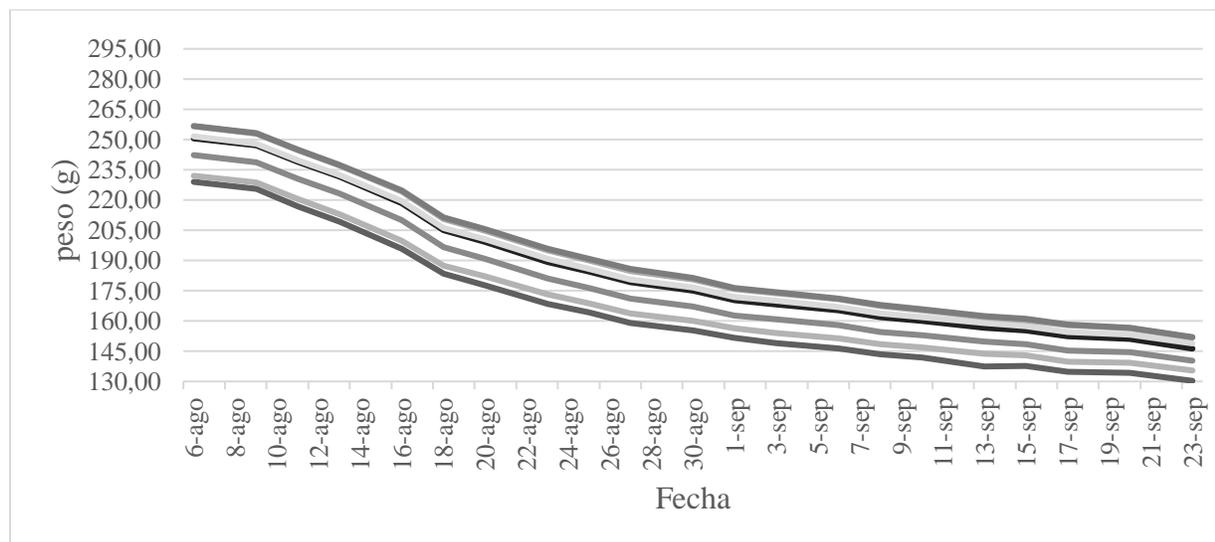
**Fuente:** (H.G. Richter & M.J. Dallwitz 2000) y (Armijos et al 2017)

#### 4.2 Propiedades Físicas de la Madera de *Juglans neotropica* Diels

El peso en verde inicial fue de 236,06 gramos. La pérdida de humedad del estado verde al estado seco al aire, durante 45 días, se redujo a 132,73 gramos; finalmente al colocar las probetas en el horno por 3 días a temperaturas de 40, 60 y 103± 2 °C, alcanzó un peso final de 113,39 gramos, demostrando un descenso en el peso del 50% en comparación al peso inicial, así como se muestra en la figura 31.

**Figura 31.**

*Curva de desorción del peso de las probetas de Juglans neotropica Diels*



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

#### 4.2.2 Contenido de Humedad

Para *Juglans neotropica* Diels en el estudio se determinó un CH% de 78,92 % lo que permite concluir que la madera de esta especie tiene un coeficiente higroscópico medio, es decir, tiene la capacidad de captar o ceder agua del medio que le rodea. Como se muestra en la tabla 15.

**Tabla 15.**

*Contenido de humedad \_ Juglans neotropica* Diels

Estimador estadístico	SA %	SH%
Media	78,92	109,24
Suma	552,44	764,66
Desviación estándar	4,19	4,08
Error estándar	1,58	1,54
CV	5,31	3,74

Paguay (2013) en su investigación determinó un contenido de humedad de 53.12%, muy inferior al obtenido en este trabajo, probablemente debido a las características climáticas, y a que la precipitación de la parroquia de Quimiag (provincia de Chimborazo) de donde son procedentes los árboles estudiados por Paguay, presenta una precipitación de 500 mm y una temperatura media de 15°C; mientras que los rasgos característicos de las parroquias de Huaca y el Carmelo tienen una temperatura entre 12 y 12.5°C y una precipitación para Huaca de 1200 y 2000mm; en tanto que para el Carmelo se encuentra entre 800 a 1000 mm, por lo que el contenido de humedad es mayor, especialmente en los tejidos vivos de la madera.

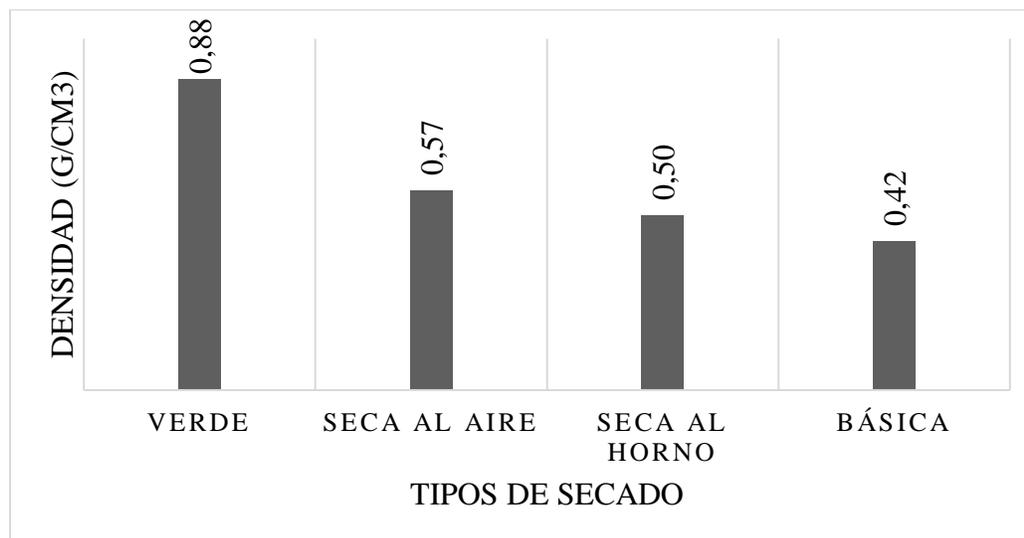
Concordando con Peralta (2022) la cual estableció para *Juglans neotropica* Diels un contenido de humedad de 59,57% en individuos extraídos del sur del Ecuador. Al igual que Yamberla (2023) quien en su investigación determinó un contenido de humedad de 72,08% siendo resultados con una variación mínima no significativa a los resultados obtenidos en la presente investigación.

#### ***4.2.3 Densidad***

Se obtuvo una densidad básica de 0,42  $gr/cm^3$ , la cual indica que, según la clasificación de maderas del INEN, (2011) la especie en estudio se encuentra en el rango de las maderas consideradas medias a blandas tipo “C”. Como se muestra en la figura 32.

**Figura 32.**

*Comportamiento de la densidad Juglans neotropica Diels*



Alvarado (2021) al determinar la densidad de *Juglans neotropica* Diels en la provincia de Chimborazo, encontró que esta especie contiene una densidad básica de  $0,51\text{g/cm}^3$ , lo cual demuestra una variación mínima con los resultados obtenidos en la presente investigación en la cual se establece que *J. neotropica* Diels posee una densidad básica de  $0,42\text{g/cm}^3$ . Esta diferencia no es representativa para las dos investigaciones por tanto es considerado como resultados homogéneos. Las diferencias encontradas pueden explicarse por el hecho de que es una variable que depende de varios factores, tales como: edad del árbol, condiciones climáticas, origen de la muestra, y demás.

Sin embargo, Toro & Roldán (2018) establecen que la densidad básica es de  $0.52\text{g/cm}^3$ , lo que la clasifica como una madera medianamente pesada, pero de fácil manipulación, de buen agarre de clavos y tornillos. Rodríguez (1988) presenta una densidad básica para Nogal de  $0,63\text{g/cm}^3$  en un estudio realizado en Colombia - Bogotá demostrando una variación significativa con los estudios citados anteriormente. Diversos factores ambientales como: disponibilidad de

nutrientes, agua, luz, socios; incluso si se desarrollan en lugares y condiciones similares o diferentes, pueden afectar la densidad básica lo cual demuestra la diferenciación de categorías entre la misma especie (Vázquez, *et al.* 2015)

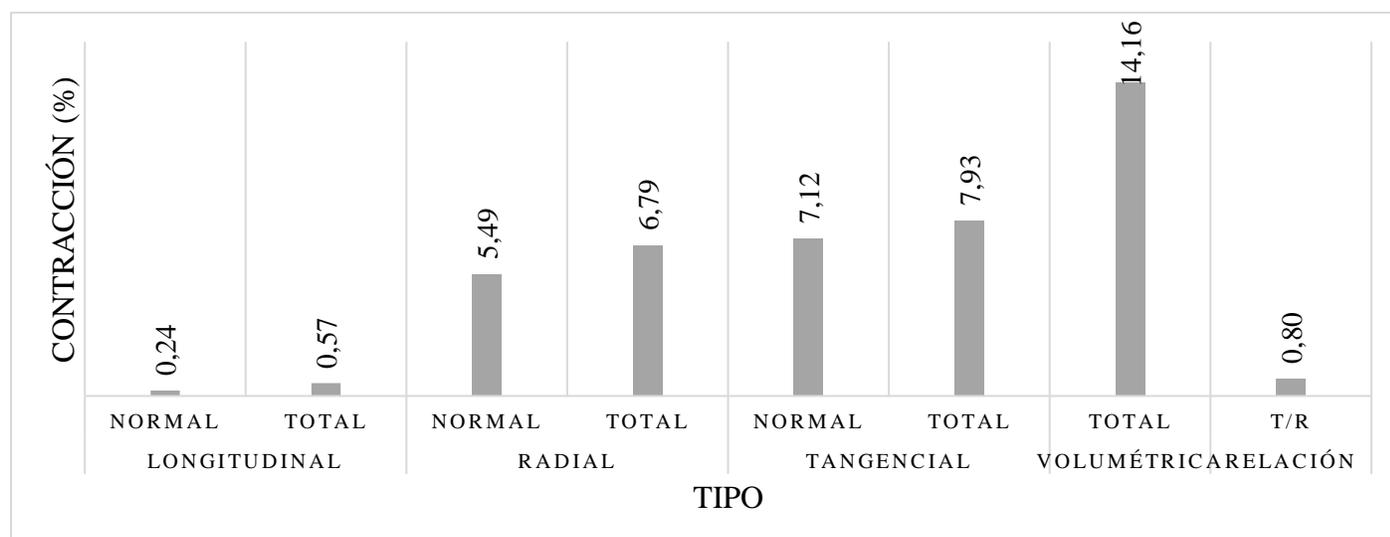
Por otro lado, Yamberla (2023), estableció en su investigación una densidad de  $0,49\text{g}/\text{cm}^3$  lo cual tiene una gran similitud en los datos obtenidos en esta investigación.

### 4.2.3 Contracción

En base a la clasificación y los rangos establecidos de contracción relación T/R, la especie presenta una contracción longitudinal de 0,57 %, radial de 6,79% (alta), tangencial de 7,93% (alta), relación volumétrica total 14,16% (Muy alta), y una relación Tangencial/Radial de 0,80% (baja).

Dentro del análisis de contracción se debe indicar que este tipo de probetas tienden principalmente a contraerse en la cara tangencial con un porcentaje de 7,93%, con respecto al resto de las caras. Como se muestra en la figura 33.

**Figura 33.**  
*Contracción normal y total de Juglans neotropica Diels*



Chudnoff (1984), en su investigación determinó una contracción radial de 2,3%, tangencial 2,9%, volumétrico total 5,5% y relación T/R de 1,3%. Compartiendo una similitud con Cartuche (2020), la cual estableció una contracción volumétrica de 1,35 %. En la presente investigación se obtuvo resultados con valores más elevados que los obtenidos por Chudnoff (1984) posiblemente esta diferencia se deba a la edad de los árboles que fueron estudiados entre los dos ensayos.

Yamberla (2023) en su investigación determinó que *Juglans neotropica* Diels procedente de la provincia de Imbabura posee una contracción radial de 4,82%, tangencial de 7,12%, volumétrica de 11,63 y una relación T/R de 1,56%, siendo datos muy similares a los obtenidos en la presente investigación, tomando en cuenta que el valor más cercano para su comparación es de la contracción tangencial.

Por otra parte, *Juglans neotropica* Diels posee datos similares con *Juglans nigra*, Forest Service (1999) el cual cita una contracción tangencial de 7,8%, una contracción radial de 5,5% y una contracción volumétrica de 12,8%.

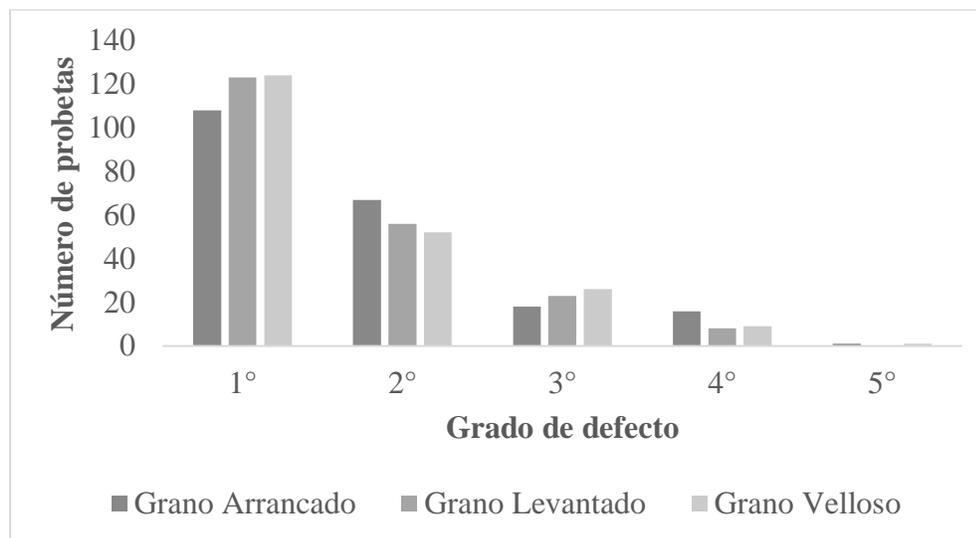
### **4.3 Propiedades de trabajabilidad**

#### ***4.3.1 Cepillado***

En el ensayo de cepillado efectuado en los cortes tangencial, radial y oblicuo, en la madera de *J. neotropica* Diels se realizó dos repeticiones en cada probeta a favor y en contra del grano con una velocidad de alimentación promedio de 12,6 m/s; en los diferentes tipos de grano arrancado, levantado y veloso. Como se muestra en la figura 34.

**Figura 34.**

*Defectos del cepillado a favor y en contra del grano*



Según la evaluación realizada a favor del grano los resultados son muy satisfactorios, conservados en las clases uno y dos, débilmente presentes en las clases tres y cuatro, lo que demuestra la eficiencia de la madera en esta prueba, que es uno de los más importantes en el proceso de trabajabilidad.

En lo que comprende en contra del grano los resultados obtenidos fueron favorables presentándose en grado uno y dos tanto en grano arrancado, levantado y velloso, con una leve presencia en 3, 4 y 5 lo que muestra la buena calidad de la madera en este proceso.

Según Loewe M. V.1 & González O. M (2001) afirman que la madera de nogal tiene excelentes propiedades de trabajo ya que se adapta bien a diversos procesos industriales y responde satisfactoriamente al uso de herramientas manuales. Es empleado en trabajos de tornería, y sus cualidades para la moldura y el tallado son buenas, y su innegable valor estético lo convierten en la mejor madera para la producción de muebles de alta calidad, chapas, e instrumentos musicales, así como también artesanía fina.

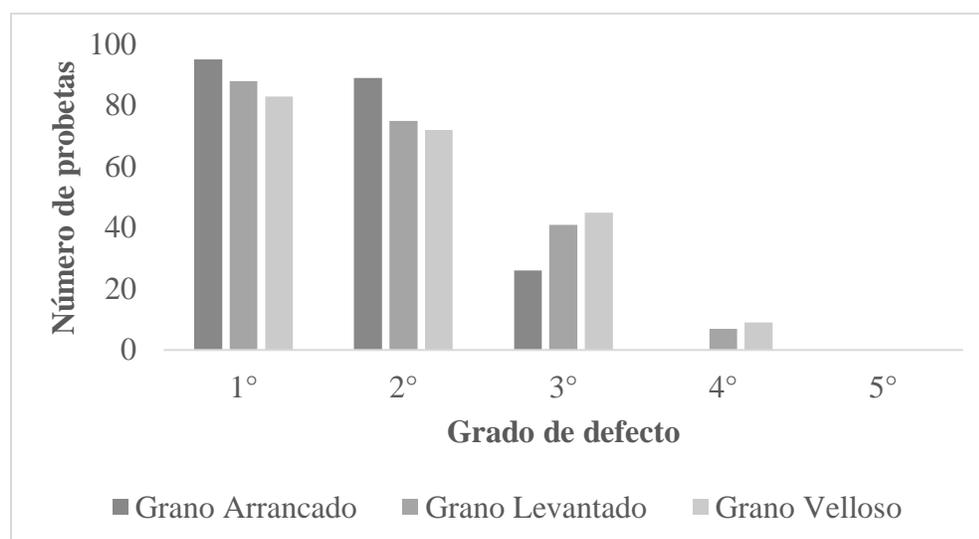
Yamberla (2023) señala que al realizar los ensayos a favor del grano este proceso obtiene resultados entre excelente a regular con valores altamente significativos en el grado uno, dos y tres, en los tres tipos de grano. Por otro lado, el cepillado en contra del grano presenta resultados similares a favor, mostrando valores altos en grado cuatro y cinco. Lo anterior contrasta con la información obtenida en la presente investigación.

### 4.3.2 Lijado

La prueba se realizó en dos etapas, la primera con lija de grano 60 y la segunda con lija de grano 100. Como se muestra en las figuras 35 y 36.

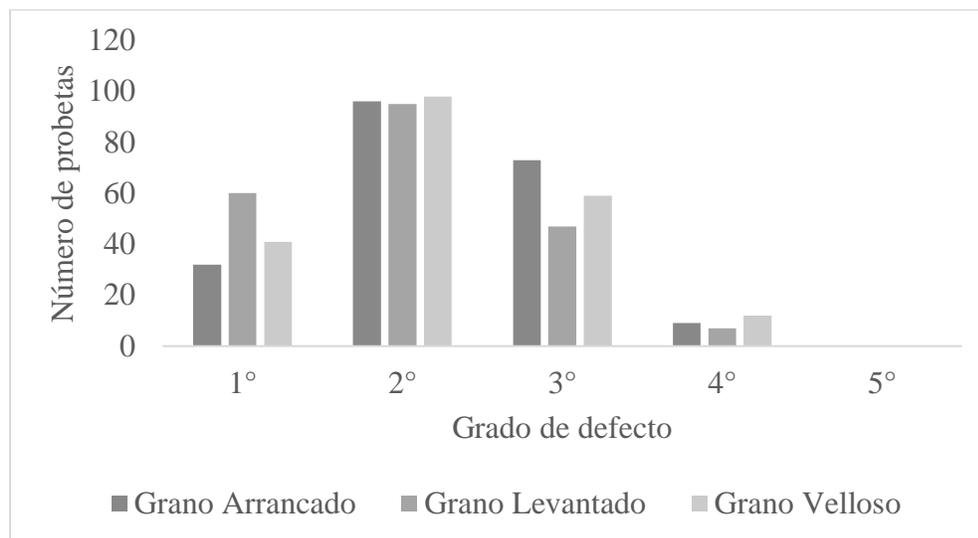
#### Figura 35.

*Defectos del ensayo de lijado (lija. 60)*



En la prueba con lija número 60 se presentan valores que se mantienen entre el grado uno y dos con una presencia media en grado tres y una presencia leve en grado cuatro, lo que muestra que la madera en estudio posee buenas características para dicho proceso.

**Figura 36.**  
*Defectos del ensayo de lijado (lija.100)*



En la segunda fase de lijado al aplicar lija número 100 se mostró resultados muy buenos manteniéndose en rangos de uno a tres con una presencia leve en cuatro, el grado dos presento valores más altos tanto para grano arrancado, levantado y velloso.

Estos resultados demuestran que *J. neotropica* Diels presenta buenas condiciones para trabajarla con el uso de maquinarias.

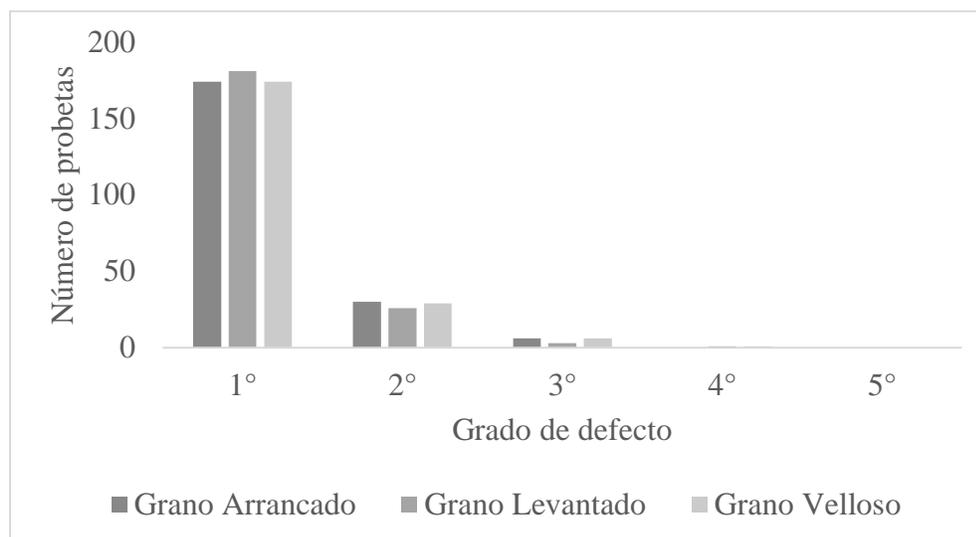
Según Yamberla (2023), en su estudio indica que al realizar esta prueba con lija número 60 y lija número 100 a favor y en contra del grano obtuvo valores con mayor presencia en grado dos y tres, lo que evidencia una clasificación de buena a regular en su mayoría.

### **4.3.3 Moldurado**

Este ensayo se lo realizó utilizando una fresadora manual con una broca circular de  $\frac{3}{4}$  de pulgada y se repitieron dos veces en el borde y el centro de la muestra para obtener resultados tanto a favor y en contra del grano. Los resultados obtenidos en el estudio fueron excelentes ya que, al

evaluar las probetas en su mayor parte, se encontró que tenían un rango muy alto en la clase uno y ligeramente presentes en las clases dos y tres. Como se muestra en la figura 37.

**Figura 37.**  
*Defectos del ensayo de moldurado*

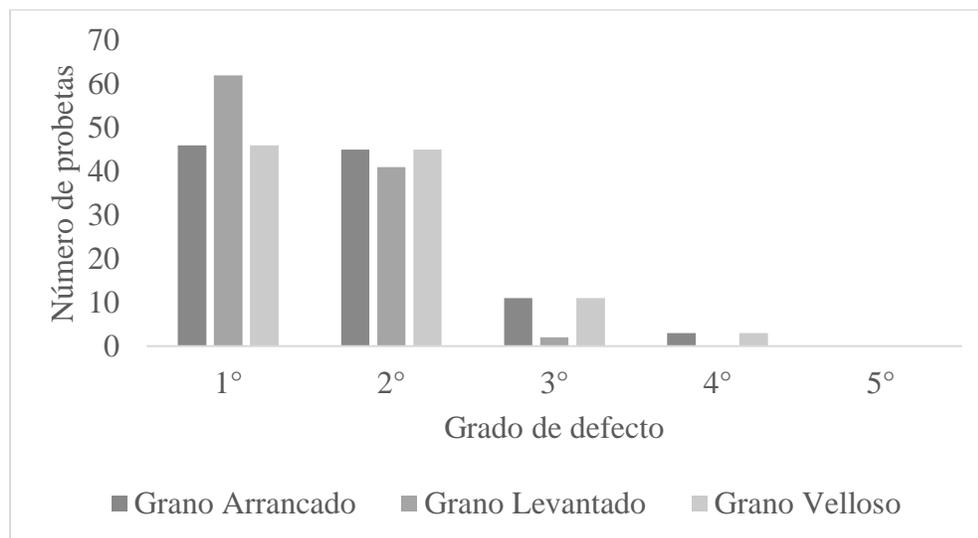


De acuerdo a Yamberla (2023) la madera de *Juglans neotropica* Diels presenta excelentes resultados al ser expuesta al trabajo de moldurado.

#### 4.3.4 Taladrado

En esta prueba se usó un taladro fijo y una broca de  $\frac{1}{4}$  de pulgada, los puntos a taladrarse en las probetas, se ubicaron a la distancia de 5 cm del filo. Por lo tanto, mediante la aplicación de fuerza manual, se realizó la penetración obteniendo como resultados tanto en grano arrancado, levantado y velloso que en los orificios de entrada y salida existe una mayor frecuencia en grado uno y dos, con una leve presencia en grado tres y cuatro. Como se muestra en la figura 38.

**Figura 38.**  
*Defectos del ensayo de taladrado*

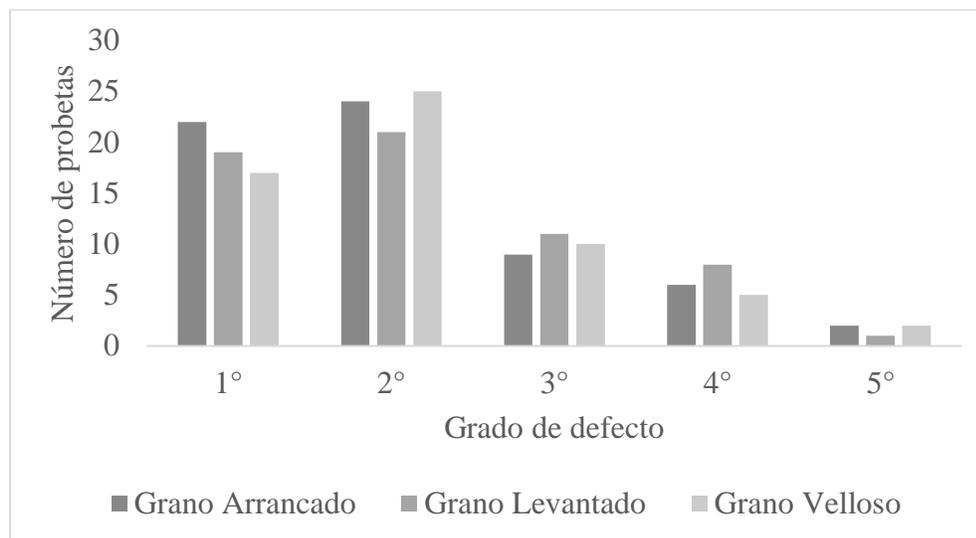


Por otro lado, Yamberla (2023) manifiesta en su estudio que los defectos de acuerdo con la parte del orificio, tanto en la entrada y salida de la perforación, muestran mayor presencia en el grano levantado y velloso, en grado uno, dos y tres, lo que indica la presencia de diversos defectos que van desde excelente, bueno y regular. Esa información corrobora lo mencionado anteriormente.

#### **4.3.5 Torneado**

Al realizar el torneado se usaron 3 gubias de 2 cm, 1 cm y 0.5 cm de ancho completamente rectas. Para la madera de *J. neotropica* Diels se estableció un comportamiento muy bueno al momento de realizar este proceso. Evidenciando un mayor comportamiento en el grado 2 en los tres tipos de grano, mostrando al grano velloso como el defecto que más importancia tiene al momento de efectuar el torneado, que posteriormente se lo puede eliminar usando una lija número 100. Como se muestra en la figura 39.

**Figura 39.**  
*Defectos del ensayo de torneado*



(International Tropical Timber Organization [ITTO],1990) menciona que la madera de *Juglans neotropica* Diels puesta en obra y transformación es de fácil aserrío al igual que en operaciones de cepillado, torneado, taladrado, moldurado y pulido; posee buenas propiedades de sujeción de clavos facilitando su uso en la fabricación de vivienda general, muebles, armarios, contrachapados, chapas y chapa decorativa.

#### 4.4 Posibles Usos

El uso potencial se determinó en base a la densidad, uno de los parámetros que se consideró para su clasificación, además haciendo comparaciones de su densidad con la de otras que tengan usos reconocidos.

Al ser *Juglans neotropica* Diels una madera de tipo “C” que corresponde a las maderas que poseen una densidad básica mayor a  $0,40 \text{ g/ cm}^3$  y menor que  $0,54 \text{ g/ cm}^3$ , catalogadas como livianas, o blandas. Se establece que los usos más comunes son: contrachapados, aglomerados, en

estructuras simples, puertas, ventanas, zócalos, y, además: como baja lenguas, paletas y palillos. Estas maderas también pueden ser empleadas en estructuras siempre y cuando se realice un adecuado tratamiento y clasificación visual, (INEN, 2011).

Estrada (1995) menciona que la madera es muy apreciada en la elaboración de muebles finos, artesanías, construcciones semiestructuradas, instrumentos de cuerda, enchapes decorativos, marquetería, puertas y ventanas.

Paguay (2013) en su investigación detalló que el Nogal al poseer una buena combinación de sus características físicas y de trabajabilidad es muy apetecido para obras de carpintería, juguetería, artesanías, ebanistería y laminado.

Becerra (1967) y Armín (1978, como se citó en Barreto & Herrera 1990) coinciden en afirmar que una de las razones por la cual *J. neotropica* Diels es deseada, es la coloración oscura de la madera, usada para crear muebles de lujo y es muy compacto en otras áreas donde se requiere alta resistencia, como camas y armarios.

Sin embargo, al realizar la comparación con especies que poseen densidades similares se obtuvo la siguiente información. Como se muestra en la tabla 16.

**Tabla 16.**  
*Usos de especies de densidad Tipo "C"*

<b>País</b>	<b>Autor</b>	<b>Especie</b>	<b>DB gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Usos</b>
Perú	Veintenilla y Darling (2014)	<i>Dacryodes peruviana</i>	0,43	Construcción de viviendas locales

País	Autor	Especie	DB gr/cm <sup>3</sup>	Usos
Colombia	Triana <i>et al.</i> (2008)	<i>Brosimum rubescens</i>	0,54	Muebles finos, accesorios de hogar y carpintería en general.
México	Urias (1996)	<i>Fraxinus udhei</i>	0,6	Pulpa papel, artesanías, juguetes e instrumentos musicales, decoración de interiores
México	Candelaria y Cueto (1996)	<i>Fraxinus udhei</i>	0,53	Bates de béisbol, raquetas de tenis, artesanías, utensilios, muebles, construcción, pisos, puntales de mina, hormas de zapatos, chapa.
Ecuador	Ruíz (2019)	<i>Fraxinus americana</i>	0,51	Carpintería en general, accesorios de interior para hogar
Ecuador	Yamberla (2023)	<i>Juglans neotropica</i> Diels	0,49	Instrumentos musicales y estructuras decorativas

Debido a que su madera es de densidad media podemos comprobar que tiene un comportamiento similar o se encuentra dentro del rango con las especies citadas anteriormente; por lo tanto, tiene la capacidad de emplearse en parte a la construcción, industrialmente y en diversos trabajos artesanales.

Por otro lado, profundizando en las propiedades de trabajabilidad esta especie se caracteriza por un comportamiento bueno frente a sus transformaciones como moldurado, taladrado, cepillado, lijado, y torneado en el cual se aprecia un mejor comportamiento.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

- La madera extraída de la parroquia Huaca y El Carmelo presenta variación de color tanto en la albura como en el duramen desde el estado verde al seco.
- La madera de *Juglans neotropica* Diels presenta un CH% y una densidad básica media, en función a lo que establece la norma INEN (2011); la misma que la clasifica como madera liviana o blanda, por lo cual es destinada a la construcción y en parte a la industria.
- Los ensayos de la especie estudiada presentan un buen comportamiento en trabajabilidad y podría ser utilizada en ebanistería, carpintería o trabajos artesanales.

#### RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones que busquen alternativas de uso de los residuos provocados por el aprovechamiento forestal; toda vez, que ya se conocen las características anatómicas de la especie.
- Investigar sobre el factor de forma para *Juglans neotropica* Diels para determinar el volumen de la madera.
- El presente estudio no tomó en consideración el análisis de las propiedades mecánicas por lo cual se recomienda desarrollar ensayos de dichas propiedades.
- Esta investigación puede ser utilizada por los estudiantes de la carrera de ingeniería forestales como material didáctico para su formación.

## CAPITULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acero, B. (2018). Obtenido de <https://es.scribd.com/document/393718938/TALADRO-DE-COLUMNA-pdf>
- Acuña-Moraga, O., Severino-González, P., Sarmiento-Peralta, G., & Stuardo-Solar, C. (2022). Consumo sustentable en Chile: una aproximación a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). *Información tecnológica*, 33(4), 181-190.
- Aguilar, J., & Guzowski, E. (2011). Materiales y materias primas. *Madera. Argentina*. Recuperado de <http://www.inet.edu.ar/wpcontent/uploads/2012/11/madera.pdf>.
- 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
- Alvarado Ugsiña, J. M. (2021). Determinación de las propiedades físicas y químicas de la madera de cinco especies forestales procedentes de la parroquia Multitud, cantón Alausí, provincia de Chimborazo.
- Armijo, J. M. C. (2019). *Operaciones de mecanizado por medios automáticos. FMEE0208*. IC Editorial.

- Armijos-Montaña, A., Alvarado-Chamba, J., Quito-Torres, J., León-González, T., Guamán-Guamán, L., & Pucha-Cofrep, D. (2017). Anatomía de la madera de diez especies forestales de bosque andino del sur del Ecuador. *CEDAMAZ*, 7(1).
- ASTM. (1992). "Standard methods of testing small clear specimens of timber". USA: Philadelphia, PA.
- Baluart V., J. R., & Arostegui V., A. (1991). Usos Probables De Las Maderas De 20 Especies Del Departamento De Loreto. *FOLIA AMAZONICA IIAP*.
- 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., Cucciuflo, E., & De Falco, P. (2008). Manual para la identificación de maderas con aumentos de hasta 10x. Argentina: Universidad Nacional de LujánC
- BARRETO AVILA, G., HERRERA, J. D., & TRUJILLO NAVARRETE, E. (1990). *Juglans neotropica*.
- BERNIS, R. S. (2006): Diccionario de mobiliario.
- Bone, B. (2019). La madera. Obtenido de: <https://es.slideshare.net/cofibone/la-madera143115713>
- Bustamante Guillén, N. R. (2010). Estudio de trabajabilidad de la madera de cuatro especies procedentes de plantaciones en la región Ucayali.
- Campos, R. (2007). *Tecnología de los Materiales*. Lima: SE.

- Chavesta M. (2006). Separata de capacitación sobre identificación de maderas. Universidad Nacional Agraria La Molina, 21 p.
- Chavesta, M. (2012). Separata de capacitación sobre identificación de madera. La Molina, Perú.
- CHUDNOFF, M. 1984. Tropical Timber of the world. USDA Forest service. Ag. Handbook No 697.
- Chumbimune Vivanco, S. Y. (2017). Caracterización anatómica y propiedades físicas de la madera de Ulcumano (*Retrophyllum rospigliosii*) de una plantación de 32 años asociada con café en Villa Rica, Perú.
- Cisternas, P. (1994). Conversión de densidades de la madera. *Ciencia e investigación forestal*, 8(2), 300-315.
- Código Orgánico del Ambiente. (2017). [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Constituyente, A. (2008). Constitución de la República del Ecuador.
- COPANT. (1972). Comisión Panamericana de Normas Técnicas
- Díaz Méndez, P. P. (2005). Evaluación de propiedades físicas y mecánicas de madera de *Nothofagus glauca* (Hualo) proveniente de la zona de Cauquenes.
- Echenique-Manrique, R., & Robles Fernández, F. (1993). *Ciencia y tecnología de la madera*. Universidad Veracruzana, Xalapa, MX
- El Carmelo O. T. D. C. (2019). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia El Carmelo. *Actualización 2015*.

Enrique. (2022). Obtenido de

<https://es.slideshare.net/CarlosEnriquePortalP1/v7operacionesmetodos-de-corte-de-la-madera-copiaconvertidopdf>

Estrada, W. (1995). Manual Para la producción de nogal *Juglans Neotropica* Diels, Quito Ecuador. Editorial EDI – V

Feijoo, C. E., Ramón, D. D., & Cofrep-Pucha, D. (2018). Guía para cortes anatómicos de la madera. A. y de RNR Facultad, de I. Carrera, y de A. de MT Laboratorio, Eds.). Loja.

Fernández, C. (2001). La Madera: Composición, Alteraciones y Restauración. Universidad de Cantabria, Cantabria.

FOREST SERVICE. 1999. Wood handbook: Wood as an Engineering Material. U.S.

Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Agriculture Handbook No 654. 474 p

Fjellstrom, RG y Parfitt, DE (1995). Análisis filogenético y evolución del género *Juglans* (Juglandaceae) según lo determinado a partir de los RFLP del genoma nuclear. *Plant Systematics and Evolution*, 197 (1), 19-32.

Fronteras, B. s. (2010). Obtenido de

[https://www.sdlmedioambiente.com/Edadarbol/edad\\_arboles.html](https://www.sdlmedioambiente.com/Edadarbol/edad_arboles.html)

García, E., Guindeo, A., Peraza, C., & De palacios, P. (2003). La madera y su anatomía. España: Mundi-Prensa

- Gil Crespo, I. J. (2012). Transferencia de elementos arquitectónicos entre España y el Nuevo Mundo: estudio tipológico y constructivo comparado entre los balcones de madera de las Islas Canarias y los de La Habana Vieja. *Anuario de Estudio Atlánticos*, 58, 819-856.
- Giménez, A. M., de Galíndez, M. J., & Ríos, N. A. (2005). Variabilidad de anillos de crecimiento en vinal (*Prosopis ruscifolia*). *La Revista Forestal Venezolana*, 49(2), 197-204.
- Gonzales, E. (2008). Identificación organoléptica y macroscópica de maderas comerciales. *Eds. Moscoso, J.*
- González Luna, H. M. (2019). Identificación de madera por máquina de visión: Xilotrón.
- Hernández, A. (2010). Obtenido de <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/la-ciencia-en-pocas-palabras/232-numero-26/415-albura-y-duramen.html>
- HERNANDEZ, R., ARISTIZABAL, F., PATIÑO, J., & SALAZAR, J. (2003). *El Cedro negro: Una especie promisorio en la zona cafetera.*
- HUACA, O. T. D. C. (2019). Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Huaca.
- INEN. (2011). Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización
- INEN 2580 de Construcción, NTE (2011). Sistema de Clasificación y Calificación de Madera Aserrada Proveniente de Bosques Húmedos Tropicales. (2011). *NTE INÉN, 2580*
- INEN 1163. (2012). Método para la descripción de las características generales macroscópicas y microscópicas. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

INEN. Anatomía de la madera, Terminología [en línea]. 1 era edición. 2013. pp. 1-16.

Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1157-1.pdf>.

International Association of Wood Anatomists. (2007). List of Microscopic Feature for Hardwood Identification. Netherlands.

Ipiates Espinoza, C. M. (2021). *Determinación de las características organolépticas, propiedades físicas y de trabajabilidad de ocotea insularis (meins.) mez, en la parroquia la Carolina-Imbabura* (Bachelor's thesis).

ITTO. (1990). Obtenido de <http://www.tropicaltimber.info/specie/nogal-tropical-juglans-spp/#lower-content>

Kollman, F. (1968). Principles of Wood Science and Technology. Vol. I: Solid Wood. Springer Verlag. New York.

Leguizamón Díaz, N. C., & Sánchez Rodríguez, M. A. (2019). Estudio de la estructura anatómica que conforma la madera mediante análisis multiresolución y morfología.

León, W.J. y N. Espinoza de Pernía. 1999. Variabilidad de la madera de *Cordia thaisiana* (Boraginaceae) en sentido longitudinal. *Revista Forestal Venezolana* 43(1):33-41.

León, Williams & Pernía, Narcisana. (2001). Anatomía de la madera / Williams José León Hernández, Narcisana Espinoza de Pernía. SERBIULA (sistema Librum 2.0).

León, W. J. (2010). Anatomía y densidad o peso específico de la madera. *La Revista Forestal Venezolana*, 54(1), 67-77.

Loewe, M. V., & González, O. M. (2001). Producción de madera de alto valor: tecnología productiva apta para un desarrollo rural con equidad. In *Latin American Congress "Retos*

- y perspectivas del desarrollo rural para alcanzar la equidad de género*". CATIE, Turrialba, Costa Rica (pp. 18-20).
- Londoño, A. A. (2008). Apuntes para el curso de anatomía y tecnología de maderas. *Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima*.
- Lluncor, D. (2011). Estudio de la estructura anatómica de diez especies de bosques secundarios y primarios remanente (en línea). Lima, PE. Consultado 5 feb. 2018.
- Manning, W.E. (1960). The genus *Juglans* in South America and the west indies. *Brittonia*, 12, 1-26. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/2805331>
- Manrique Pérez, J. A., & Solis, J. J. H. (2015). de Residencia Profesional, I. T., MAQUINADO DE LA MADERA DE (*Lonchocarpus rugosus* Benth) KANATZÍN EN EL SUR DE QUINTANA ROO.
- Mata Jiménez, J. D. L. (2011). Influencia de la humedad de la madera en la evaluación de las propiedades mecánicas del pino silvestre mediante técnicas no destructivas.
- Mediavilla Mediavilla, F. V. (2016). *Propiedades físicas, químicas y de trabajabilidad de la madera de alnus nepalensis d. don en Intag, zona Andina del Ecuador* (Bachelor's thesis).
- Meneses Tirira, O. S. (2013). Identificación de usos probables de PINUS PATULA SCHLECT.ET CHAM. Con base en la determinación de las propiedades físicomecánicas y de trabajabilidad de la madera en Iltaquei- Cotacachi- Imbabura. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.

Millacan, T. (2020). Características organolépticas o estéticas de la madera.

<https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-delcomahue/dendrologia/caracteristicas-organolepticas-de-la-madera/8058159>

Monteoliva, S. (2009). Xilotecología 2009-Unidad 1: La madera: propiedades y productos forestales. *La Plata, Argentina*.

Monteoliva, S. E., & Igartúa, D. V. (2010). Variación anatómica de la madera de Acacia melanoxylon implantada en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. *Revista de la Facultad de Agronomía, 109*.

Monteoliva, S., Ciganda, V., & Igartúa, D. V. (2012). Contenido de duramen y de albura en Eucalyptus globulus y Acacia melanoxylon implantadas en Argentina. *Maderas. Ciencia y tecnología, 14(1)*, 53-63.

Monteoliva S., Galiussi E., Cabanillas P., Barotto J., Godoy S., & Rodríguez J. (2020). Obtenido de <file:///C:/Users/user/Downloads/CLAVES%20Y%20LISTADOS%20DE%20CARACTERES.pdf>

Moya, R., Leandro, L., Córdoba, R., Serrano, R., & Monge, F. (2004). Aspectos importantes sobre la trabajabilidad de la madera de melina. *Kurú, 2*.

Moya-Roque, R., Muñoz-Acosta, F., Salas-Garita, C., Berrocal-Jiménez, A., Leandro-Zúñiga, L., & Esquivel-Segura, E. (2010). Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas técnicas. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 7(18-19)*, ág-1.

Nájera y Angulo. (2007). Obtenido de

[https://www.miteco.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/fondo/pdf/43724\\_7.pdf](https://www.miteco.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/fondo/pdf/43724_7.pdf)

NEC. (2014). Norma Ecuatoriana de la Construcción. In

Noelia. (2018). Obtenido de

[https://biblioteca.uajms.edu.bo/biblioteca/opac\\_css/doc\\_num.php?explnum\\_id=13351](https://biblioteca.uajms.edu.bo/biblioteca/opac_css/doc_num.php?explnum_id=13351)

Norton. (2018). Obtenido de <https://www.nortonabrasives.com/es-ec/resources/expertise/la-importancia-de-lijado-de-madera>.

Paguay Peña, I. P. (2013). *Determinación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de tres Especies Forestales Andinas: Platuquero (Styloceras sp), Yagual (Polylepis racemosa), Nogal (Juglans neotropica)* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Palacios, W. A., & Jaramillo, N. (2016). Árboles amenazados del Chocó ecuatoriano. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 8(1).

Pazos. (2017). Obtenido de <https://docplayer.es/78405854-12-torneado-en-madera.html>

Paredes, H., Chagna, E., Carvajal, J., & Yépez, R. (2018). Sistemas agroforestales para la implementación de sistemas agroforestales en la provincia de Imbabura. *Ibarra, Ecuador*.

Penagos, C. M. O., Restrepo, R. J. H., Valencia, F. A. A., Castaño, J. N. P., & Castaño, J. W. S. El cedro negro.

Peralta, K. M. C. (2022). *Caracterización de la madera de 95 especies forestales del sur de Ecuador con base a sus propiedades físicas, organolépticas y anatómicas* (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA).

Peraza. (2004). Obtenido de

[https://infomadera.net/uploads/productos/informacion\\_general\\_2\\_Maderageneral.pdf](https://infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_2_Maderageneral.pdf)

Pérez Galaz, V. (1983). Manual de propiedades físicas y mecánicas de maderas chilenas.

Santiago, Chile: Proyecto CONAF/PNUD/FAO.

Puchaicela, C. (2013). Estudio de la Estructura Anatómica y Propiedades Físico - Mecánicas de

Cinco Especies Maderables en Bosque Secundario del Cantón Zamora (Primera ed.,

Vol.). Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja

Puertas, P. S., Guevara, C., & Espinoza, M. (2013). Manual de Transformación de la Madera.

Lima, Perú.

Reglero, E. R. (2004). EL TORNEADO-PROCEDIMIENTOS Y ESTILOS.

Richter, H.G., and Dallwitz, M.J. 2000 onwards. Commercial timbers: descriptions, illustrations,

identification, and information retrieval. In English, French, German, Portuguese, and

Spanish. Version: 9th April 2019.

Rodríguez, M. L. 1988. Caracterización anatómica de las maderas latifoliadas y claves macro y

microscópica para la identificación de 120 especies. Tesis de grado Ingeniería Forestal.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.

Rosende Beytía, R., & Castillo Bossy, H. (1973). Contracción, colapso y juego de las maderas

chilenas.

Sibille, M. (2006). Anatomía de la madera

Secretaría nacional de planificación. (2021). Secretaría Nacional de Planificación- Plan de

Creación de Oportunidades 2021-2025.

Suirezs, T., & Berger, G. I. L. S. O. N. (2009). Descripciones de las propiedades físicas y

mecánicas de la madera. *San Luis. Argentina.*

Toro Vanegas, E., & Roldán Rojas, I. C. (2018). Estado del arte, propagación y conservación de *Juglans neotropica* Diels., en zonas andinas. *Madera y bosques*, 24(1).

Turpo, J. (2015). Glosario de anatomía de la madera. Obtenido de:

<https://www.monografias.com/trabajos87/glosario-anatomia-madera/glosarioanatomia-madera.shtml>

Urrego, D., Pérez, M., Polanco, C., & Pérez, M. (2012). Control del aprovechamiento ilegal.

Valverde, D., Carvajal, J., Valencia, X., Rosero, E., & Flores, J. (2023). *Rol de junglas neotropica Diels en la silvicultura urbana en la parroquia San Francisco del cantón Ibarra, provincia Imbabura*. Obtenido de

<https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/4637>

Vázquez-Cuecuecha, O. G., Zamora-Campos, E. M., García-gallegos, E., & Ramírez-Flores, J. A. (2015). Densidad básica de la madera de dos pinos y su relación con propiedades edáficas. *Madera y bosques*, 21(1), 129-138.

Vega Cruz, KA (2020). *Estudio tecnológico de la madera de Liquidambar styraciflua L. procedente de plantaciones establecidas en la estación Experimental La Favorita* (Tesis de licenciatura).

Vignote Peña, S., Martínez Rojas, I., & Villasante Plagaro, A. (2013). Silvicultura y calidad de la madera.

Yamberla Quinchiguano, A. A. (2023). *Análisis de las características anatómicas, propiedades físicas y de trabajabilidad de Juglans Neotropica Diels., Antonio Ante, Imbabura, Ecuador* (Bachelor's thesis).

## CAPITULO VII

### ANEXOS

**Anexos A:** Encuesta

#### **Determinación de la edad estimada**

Anexo 1A. Encuesta para determinar la edad estimada de los árboles



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**  
**INGENIERÍA FORESTAL**

Encuesta sobre la edad de los árboles *Juglans neotropica* Diels (Nogal)

Indicaciones: por favor conteste el siguiente cuestionario

1. Nombre:

.....

2. Edad:

.....

3. ¿Por qué planto árboles de nogal en su predio?

.....  
.....  
.....

4. ¿A qué edad fueron plantados los árboles de nogal?

.....  
.....  
.....

5. ¿Cuántos árboles planto?

.....  
.....  
.....

6. ¿En qué fecha se plantaron los árboles?

.....  
.....  
.....

**Anexo B: Tablas****Propiedades físicas**

## Anexo B1. Estadística descriptiva de ensayo de contenido de humedad

Estimador estadístico		Unidad	Media	Suma	Desviación estándar	Error estándar	CV
<b>Contenido de humedad</b>	<b>SA</b>	%	78,92	552,44	4,19	1,58	5,31
	<b>SH</b>	%	109,24	764,66	4,08	1,54	3,74

## Anexo B2. Estadística descriptiva de ensayo de densidad

Estimador estadístico		Unidad	Media	Suma	Desviación estándar	Error estándar	CV
<b>Densidad</b>	<b>Verde</b>	gr/cm <sup>3</sup>	0,88	6,18	0,05	0,02	6,08
	<b>Seca al aire</b>	gr/cm <sup>3</sup>	0,57	3,97	0,06	0,02	9,82
	<b>Seca al horno</b>	gr/cm <sup>3</sup>	0,50	3,48	0,04	0,02	9,02
	<b>Básica</b>	gr/cm <sup>3</sup>	0,42	2,97	0,03	0,01	6,94

## Anexo B3. Estadística descriptiva de ensayo de contracción

Estimador estadístico		Unidad	Media	Suma	Desviación estándar	Error estándar	CV
<b>Contracción</b>	<b>Longitudinal</b>		0,57	3,99	0,09	0,04	16,33
	<b>Radial</b>		6,79	47,56	2,39	0,90	35,20
	<b>Tangencial</b>	%	7,93	55,51	0,97	0,37	12,21
	<b>Volumétrica</b>		14,16	99,13	2,96	1,12	20,90
	<b>Relación T/R</b>		0,80	5,58	1,54	0,58	193,07

## Propiedades de trabajabilidad

### Anexo B4. Resultados generales del ensayo de cepillado

Ensayo	Defectos	Grano Arrancado	Grano Levantado	Grano Velloso	Total
<b>Cepillado</b>	<b>Grado 1</b>	108	123	124	355
	<b>Grado 2</b>	67	56	52	175
	<b>Grado 3</b>	18	23	26	67
	<b>Grado 4</b>	16	8	9	33
	<b>Grado 5</b>	0	0	0	0

### Anexo B5. Resultados generales del ensayo de lijado (lija # 60)

Ensayo	Defectos	Grano Arrancado	Grano Levantado	Grano Velloso	Total
<b>Lijado (#60)</b>	<b>Grado 1</b>	95	88	83	266
	<b>Grado 2</b>	89	75	72	236
	<b>Grado 3</b>	26	41	45	112
	<b>Grado 4</b>	0	7	9	16
	<b>Grado 5</b>	0	0	0	0

### Anexo B6. Resultados generales del ensayo de lijado (lija # 100)

Ensayo	Defectos	Grano Arrancado	Grano Levantado	Grano Velloso	Total
<b>Lijado (#100)</b>	<b>Grado 1</b>	32	60	41	133
	<b>Grado 2</b>	96	95	98	289
	<b>Grado 3</b>	73	47	59	179
	<b>Grado 4</b>	9	7	12	28
	<b>Grado 5</b>	0	0	0	0

## Anexo B7. Resultados generales del ensayo de moldurado

<b>Ensayo</b>	<b>Defectos</b>	<b>Grano Arrancado</b>	<b>Grano Levantado</b>	<b>Grano Velloso</b>	<b>Total</b>
<b>Moldurado</b>	<b>Grado 1</b>	174	181	174	529
	<b>Grado 2</b>	30	26	29	85
	<b>Grado 3</b>	6	3	6	15
	<b>Grado 4</b>	0	0	0	0
	<b>Grado 5</b>	0	0	0	0

## Anexo B8. Resultados generales del ensayo de taladrado

<b>Ensayo</b>	<b>Defectos</b>	<b>Grano Arrancado</b>	<b>Grano Levantado</b>	<b>Grano Velloso</b>	<b>Total</b>
<b>Taladrado</b>	<b>Grado 1</b>	46	62	46	154
	<b>Grado 2</b>	45	41	45	131
	<b>Grado 3</b>	11	2	11	24
	<b>Grado 4</b>	3	0	3	6
	<b>Grado 5</b>	0	0	0	0

## Anexo B9. Resultados generales del ensayo del torneado

<b>Ensayo</b>	<b>Defectos</b>	<b>Grano Arrancado</b>	<b>Grano Levantado</b>	<b>Grano Velloso</b>	<b>Total</b>
<b>Torneado</b>	<b>Grado 1</b>	22	19	12	53
	<b>Grado 2</b>	24	21	25	70
	<b>Grado 3</b>	9	11	10	30
	<b>Grado 4</b>	6	8	5	19
	<b>Grado 5</b>	2	1	2	5

## Anexos C: Fotografías

### Sitios y obtención del material

#### Anexo C1: Predios parroquia Huaca, el Carmelo y extracción del material a investigar



**Figura 40.**  
*Árbol de Juglans neotropica Diels*



**Figura 41.**  
*Selección de arboles*



**Figura 42.**  
*Tumba de individuos escogidos*



**Figura 43.**  
*Troceado*



**Figura 44.**  
*Escuadrado de bloques*



**Figura 45.**  
*Embalado de bloques*

#### Anexos C2: Características organolépticas y anatómicas



**Figura 46.**  
*Descripción organoléptica*



**Figura 47.**  
*Cocción de cubos*



**Figura 48.**  
*Corte de laminas*



**Figura 49.**  
*Lavado de laminas*



**Figura 50.**  
*Montaje de placas*



**Figura 51.**  
*Observación de placas*

**Anexos C3: Propiedades físicas**

**Figura 52.**  
*Preparación y escuadrado de las probetas*



**Figura 53.**  
*Codificación y medición de probetas*



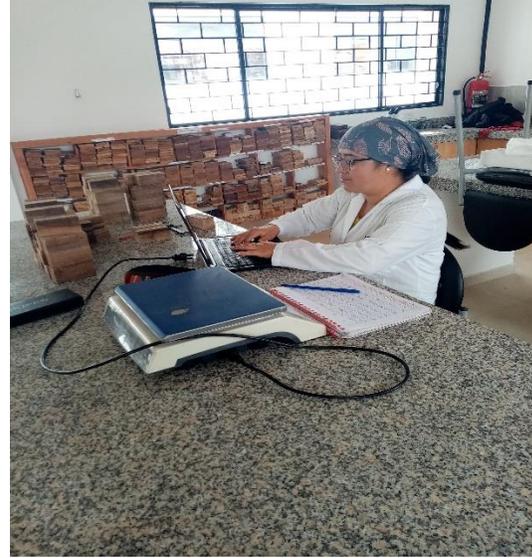
**Figura 54.**  
*Pesaje de probetas*



**Figura 55.**  
*Secado al aire libre*



**Figura 56.**  
*Secado anhidro*



**Figura 57.**  
*Toma de datos*

**Anexos C3: Propiedades de trabajabilidad**



**Figura 58.**  
*Probetas para ensayos*



**Figura 59.**  
*Ensayo de cepillado*



**Figura 60.**  
*Ensayo de lijado*



**Figura 61.**  
*Ensayo de moldurado*



**Figura 62.**  
*Ensayo de taladrado*



**Figura 63.**  
*Ensayo de torneado*