

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 de título de Ingeniero Forestal

ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS, PROPIEDADES FÍSICAS Y DE TRABAJABILIDAD DE *Juglans neotropica* Diels., ANTONIO ANTE, IMBABURA, ECUADOR.

AUTOR

Yamberla Quinchiguango Ankaly Amaru

DIRECTOR

Ing. Paredes Rodríguez Hugo Orlando MSc.

IBARRA – ECUADOR

2023

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS, PROPIEDADES FÍSICAS Y DE TRABAJABILIDAD DE *Juglans neotropica* Diels., ANTONIO ANTE, IMBABURA, ECUADOR.

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

INGENIERO FORESTAL

Aprobación

APROBADO

Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez, MSc.

Director de trabajo de titulación

Ing. Eduardo Jaime Chagna Ávila, MSc.

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100456293-8		
APELLIDOS Y	Yamberla Quinchiguango Ankaly Amaru		
DIRECCIÓN:	Otavalo, Cdla Yana yacu II etapa		
EMAIL:	aayamberlaq@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062 903-23	**TELÉFONO**	0991612689

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS, PROPIEDADES FÍSICAS Y DE TRABAJABILIDAD DE *Juglans neotropica* Diels., ANTONIO ANTE, IMBABURA, ECUADOR.
AUTOR/A:	Yamberla Quinchiguango Ankaly Amaru
FECHA: (dd/mm/aaaa)	13 de marzo de 2023
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
PROGRAMA:	PREGRADO [X] POSGRADO [ ]
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Forestal
DIRECTOR:	Ing. Paredes Rodríguez Hugo Orlando MSc.

CONSTANCIA

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

Ibarra, a los 13 días del mes de marzo de 2023

EL AUTOR



Yamberla Quinchiguango Ankaly Amaru

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA - UTN

Fecha: 13 de marzo de 2023

Ankaly Amaru Yamberla Quinchiguango: **"ANALISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS, PROPIEDADES FÍSICAS Y DE TRBAJABILIDAD DE** *Juglans neotropica* Diels., **ANTONIO ANTE, IMBABURA, ECUADOR".** Trabajo de titulación. Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 94 páginas.

DIRECTOR: Ing. Paredes Rodríguez Hugo Orlando MSc.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Analizar las características anatómicas, propiedades físicas y de trabajabilidad de *Juglans neotropica* Diels procedente de la parroquia San Roque, Antonio Ante, Imbabura, Ecuador. Entre los objetivos específicos se encuentran: Caracterizar anatómicamente la madera de *Juglans neotropica* Diels., determinar las propiedades físicas, de trabajabilidad de *Juglans neotropica* Diels y usos posibles de la madera.

Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez, MSc.

Director de trabajo de titulación

Ankaly Amaru Yamberla Quinchiguango

Autor

DEDICATORIA

Mi trabajo de investigación está dedicado a DIOS por brindarme fe y esperanza en todo este proceso de crecimiento, además por permitirme tener una gran familia a quienes aprecio mucho y poder mencionar:

Mi padre José Luis Yamberla, quien con su trabajo y constancia logra llevar a delante nuestra familia, a mi madre Rebeca Quinchiguango, que gracias a su firmeza y resistencia ha difundido el amor y comprensión en mi vida; juntos con su cariño, me han apoyado tanto emocional como económicamente en toda esta trayectoria de la vida.

Mi hermano Atik Yamberla, con su carisma, amor y apoyo incondicional que ha podido brindarme, han sido una pieza fundamental en los momentos más difíciles de mi vida, permitiéndome lograr mi objetivo y cumplir con mis metas.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios por haberme brindado la oportunidad y tener una familia admirable. A mis padres, por el acompañamiento en todo el transcurso de la investigación, con su apoyo moral y esfuerzo constante con el fin de lograr mi meta.

A la Universidad Técnica del Norte por ser el lugar que me abrió las puertas y permitió realizar mis estudios, teniendo la oportunidad de pertenecer a mi carrera de Ingeniería Forestal, de la que me siento muy orgulloso.

A todo el personal docente que conforma la carrera, especialmente al Ing. Hugo Paredes, director del trabajo de titulación, quien ha brindado todo su conocimiento y disposición para alcanzar la culminación de la investigación. A mi asesor Ing. Eduardo Chagna que con sus pertinentes sugerencias se ha logrado tener una acertada dirección. Así también al Ing. Guillermo Varela, quien, con su colaboración, ha permitido el uso y acompañamiento de las máquinas en la Central de Innovación Maderera y Laboratorio de Xiloteca.

A mi hermano Atik Yamberla que durante todo el camino universitario me ha ofrecido su apoyo incondicional, a mis compañeros que de una u otra manera aportaron con esta meta. Agradezco a Larisa Villota que en una circunstancia terrible en el proceso pudo brindarme su ayuda; especialmente a Leslie Perugachi que, gracias a sus consejos, sus buenos deseos y excelente voluntad, he logrado culminar con éxitos mi formación académica.

LISTA DE SIGLAS

ASTM. American Society for Testing and Materials

COA. Código Orgánico del Ambiente del Ecuador

COPANT. Comisión Panamericana de Normas Técnicas

CRE. Constitución de la República del Ecuador

IAWA. International Association of Wood Anatomists

INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización

INHAMI. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

JUNAC. Junta del Acuerdo de Cartagena

OIMT. Organización Internacional de las Maderas Tropicales

UTN. Universidad Técnica del Norte

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I **1**

INTRODUCCIÓN **1**

1.1 Objetivos 3

1.1.1 General 3

1.1.2 Específicos 3

1.2 Hipótesis o preguntas de investigación. 3

CAPÍTULO II **4**

MARCO TEÓRICO **4**

2.1 Fundamentación legal 4

2.1.1 Constitución de la República del Ecuador (2008) 4

2.1.2 Código Orgánico del Ambiente (COA) 4

2.1.3 Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 5

2.1.4 Línea de investigación 6

2.1.5 Códigos de ética en el proceso de investigación 6

2.2 Fundamentación teórica 6

2.2.1 La madera 6

2.2.1.1 Secciones de la madera 6

2.2.2 Propiedades anatómicas 7

2.2.2.1 Anillos de crecimiento. 7

2.2.2.2 Vasos. 8

2.2.2.3 Porosidad. 8

2.2.2.3.1 Ubicación. 8

2.2.2.3.2 Tamaño. 9

2.2.2.3.3 Disposición. 9

2.2.2.3.4 Agrupación. 10

2.2.2.4 Parénquima. 10

2.2.2.5 Radios 11

2.2.3 Propiedades físicas 12

2.2.3.1 Contenido de humedad 12

2.2.3.2 Densidad o peso específico 13

2.2.3.3 Contracción 14

2.2.4 Propiedades de trabajabilidad 14

2.2.4.1 Cepillado 15

2.2.4.2 Lijado 15

2.2.4.3 Moldurado 15

2.2.4.4 Taladrado 15

2.2.4.5 Torneado 16

2.2.5 Características de Nogal. 16

2.2.5.1 Hábitat y distribución 16

2.2.5.2 Descripción botánica 17

2.2.5.3 Descripción de la madera 17

2.2.5.4 Usos 17

CAPITULO III 18

MATERIALES Y MÉTODOS 18

3.1 Ubicación del lugar 18

3.1.1 Política: Parroquia, Cantón, Provincia 18

3.2 Caracterización edafoclimática del lugar 18

3.2.1 Suelo 18

3.2.2 Clima 18

3.3 Materiales, equipo y software 19

3.4 Metodología 19

3.4.1 Universo-Población 20

3.4.2 Tamaño de la muestra 21

3.5 Variables 21

3.5.1 Determinación de las características anatómicas 21

3.5.1.1 Descripción de las características organolépticas 22

3.5.1.2 Descripción de las características macroscópicas 23

3.5.1.3 Descripción de las características microscópicas 24

3.5.2 Determinación de las propiedades físicas 27

3.5.2.1 Contenido de humedad 28

3.5.2.2 Densidad 29

3.5.2.3 Contracción 31

3.5.3 Determinación de las propiedades de trabajabilidad.....34

3.5.3.1 Cepillado.....36

3.5.3.2 Lijado.....38

3.5.3.3 Moldurado.....38

3.5.3.4 Taladrado.....39

3.5.3.5 Torneado.....39

3.5.3.6 Clasificación de los usos posibles.....39

CAPITULO IV.....44

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....44

4.1 Características anatómicas de la madera.....44

4.1.1 Descripción organoléptica de *Juglans neotropica* Diels.....44

4.1.2 Características macroscópicas de *Juglans neotropica* Diels.....45

4.1.3 Características microscópicas de *Juglans neotropica* Diels.....47

4.2 Propiedades físicas de *Juglans neotropica* Diels.....47

4.2.1 Contenido de humedad (CH).....47

4.2.2 Densidad.....49

4.2.3 Contracción.....50

4.3 Propiedades de trabajabilidad.....52

4.3.1 Cepillado.....52

4.3.2 Lijado.....53

4.3.3 Moldurado.....54

4.3.4 Taladrado.....55

4.3.5 Torneado.....56

4.3.6 Resumen de defectos.....56

4.3.7 Usos probables.....57

CAPITULO V.....59

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....59

5.1 Conclusiones.....59

5.2 Recomendaciones.....59

CAPITULO VI.....60

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....60

CAPITULO VII.....67

ANEXOS.....67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Materiales, equipos y software empleados en la investigación* 19

Tabla 2. *Coordenadas geográficas de las especies* 20

Tabla 3. *Dimensión de las muestras* 21

Tabla 4. *Probetas para los ensayos de propiedades físicas* 27

Tabla 5. *Ecuaciones para determinar la contracción* 32

Tabla 6. *Probetas para los ensayos de propiedades de trabajabilidad* 35

Tabla 7. *Rango de evaluación según la norma ASTM* 35

Tabla 8. *Sistema de clasificación para usos de la madera* 40

Tabla 9. *Defectos anatómicos y tolerancias para los diferentes usos* 41

Tabla 10. *Clasificación según el comportamiento de trabajabilidad* 42

Tabla 11. *Estimadores estadísticos de la densidad de Juglans neotropica* Diels 50

Tabla 12. *Estimadores estadísticos de la contracción de Juglans neotropica* Diels 51

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. *Muestra para descripción de las características macroscópicas.* 23

Figura 2. *Placa para la descripción y medición de las características*.....26

Figura 3. *Probetas para propiedades físicas.* 27

Figura 4. *Tipos de corte según la orientación en el tronco* 36

Figura 5. *Probeta para ensayos de cepillado* 36

Figura 6. *Muestras organolépticas de Juglans neotropica* Diels 44

Figura 7. *Vista macroscópica de la muestra de xiloteca* 46

Figura 8. *Vista microscópica de las diferentes secciones de la madera*.....47

Figura 9. *Contenido de humedad de Juglans neotropica* Diels.....48

Figura 10. *Densidad de Juglans neotropica* Diels.....49

Figura 11. *Contracción de Juglans neotropica* Diels.....51

Figura 12. *Defectos hallados en el ensayo de cepillado.*.....53

Figura 13. *Defectos hallados en el ensayo de lijado (Lija número 60)* 53

Figura 14. *Defectos hallados en el ensayo de lijado (Lija número 100)*.....54

Figura 15. *Defectos hallados en el ensayo de moldurado* 55

Figura 16. *Defectos hallados en el ensayo de taladrado*.....55

Figura 17. *Defectos hallados en el ensayo de torneado* 56

RESUMEN.

El nogal, especie nativa de la región Sierra tiene una madera muy apetecida por los artesanos, sin embargo, se requiere información técnica para mejorar los procesos de transformación de la madera, orientando sus usos. El objetivo fue analizar las características anatómicas, propiedades físicas y de trabajabilidad de *Juglans neotropica* Diels procedente de la parroquia San Roque, Antonio Ante, Imbabura, Ecuador; donde se caracterizó anatómicamente la madera y determinó las propiedades físicas, de trabajabilidad y usos posibles. La selección, recolección, dimensionado, ensayos y muestras fueron realizados en base las normas INEN, IAWA, ASTM y COPANT. El material experimental se preparó y evaluó en la Central de Innovación Maderera, el Laboratorio de Anatomía de Maderas y Xiloteca. La madera de Nogal mostró un color amarrillo pálido en su albura y un duramen marrón grisáceo, un olor fuertemente característico y sabor moderadamente amargo. Presenta poros con mayor tamaño en la parte inicial de los anillos de crecimiento, que conforme se alejan, reducen su diámetro; muestra tílides y también células aisladas o en bandas terminales o iniciales, parénquima paratraqueal unilateral y vasicéntrico. Un contenido de humedad del 72,08%, con una densidad básica de 0,49 gr/cm^3, la contracción volumétrica total de 11,63% y relación tangencial radial de 1,59%. La madera de *Juglans neotropica* Diels muestra características que permiten identificar con facilidad la especie. Por sus propiedades físicas, se clasifica como maderas livianas o blandas, con una dureza media; se clasifica como madera medianamente estable; Además, presenta un buen comportamiento en la transformación del material, con defectos no muy severos frente a los procesos de maquinado; con la posibilidad de realizar trabajos de calidad en la mueblería fina, instrumentos musicales y estructuras decorativas.

Palabras clave: Coloración, anillos de crecimiento, densidad, trabajabilidad.

ABSTRACT

Juglans neotropica Diels (Walnut) is a native species from the Sierra region and its wood is very desired by artisans, however, technical information is needed to improve the transformation process of wood, guiding its uses. The objective was to analyze the anatomical characteristics, physical properties, and workability of *Juglans neotropica* Diels from the parish of San Roque, Antonio Ante, Imbabura, Ecuador, where the wood it was characterized anatomically and determined the physical properties, workability, and possible uses. For the selection, harvest, sizing, tests, and corresponding samples, the INEN, IAWA, ASTM and COPANT standards were used. The experimental material was prepared and evaluated in the wood innovation center, the wood anatomy laboratory and xiloteca. Walnut wood showed a pale yellowish color in its sapwood and a grayish-brown heartwood, a strongly characteristics smell and moderately bitter taste. It has larger pores in the initial part of the growth rings, which as they move away, reduce their diameter; shows thylids and isolated cells or in terminal or initial bands, unilateral and vasicentric paratracheal parenchyma. A moisture content of 72.08%, with basic density of 0.49 gr/cm3, total volumetric contraction of 11.63% and radial tangential relationship of 1.59%. *Juglans neotropica* Diels wood shows characteristics that allow the species to be easily identified. Due to its physical properties, it is classified as light or soft woods, with a medium hardness; it is classified as moderately stable wood; In addition, it presents a good behavior in the transformation of the material, with defects not very severe against the machining process; with the possibility of performing quality work in fine furniture, musical instruments, and decorative structures.

Keywords: Coloration, growth rings, density, workability.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El principal uso de la madera de especies forestales es para los trabajos de ebanistería, extracción de celulosa, estructuras de construcción, entre otros. Con el fin de garantizar el recurso, es necesario conocer las características y propiedades de la madera y dar soluciones adecuadas en las exigencias como maderas uniformes y de alta calidad. Al ser un elemento natural, se requiere un estudio técnico que ayude a orientar su uso (Armijos et al., 2017).

La madera de *Juglans neotropica* Diels es muy deseada por su coloración, por lo que se utiliza en muebles lujosos y finos. Por ser una madera medianamente pesada se usa en revestimientos, entre otras cosas. Estos y otros usos se dan a la madera, por lo cual, una correcta orientación y el adecuado empleo para su terminado llega a ser de interés a investigar (Avila Y Herrera, 1990).

Establecer las características tecnológicas de la madera de *Juglans neotropica* Diels llega a ser un punto importante para conocer acerca de la especie, ya que se la utiliza de manera ancestral y tradicional por parte de los moradores; a través de una comunicación verbal, artesanos consideran el tallado como uso principal, sin embargo, no se tiene una orientación adecuada con respecto a otros usos.

Un factor adicional por considerar es que, si bien de esta especie se tiene información sobre sus características tecnológicas, el comportamiento de las especies tanto ecológico, silvicultural como tecnológico varían en función de las condiciones de suelo y clima del sitio

donde se desarrollan, así como también de su edad, además, en las especies forestales, cada familia, género o cada árbol produce madera que tiene propiedades y usos adecuados, que únicamente pueden ser determinadas de manera eficiente a través de la investigación científica (Acosta, 1967).

Juglans neotropica Diels es una especie nativa muy apetecida por los artesanos de la región Sierra, sin embargo, se requiere de información técnica para mejorar los procesos de transformación de la madera, orientando su uso a través del estudio de características anatómicas, propiedades físicas, de trabajabilidad y usos posibles.

El desarrollo de investigaciones que permitan conocer la diversidad de estructuras anatómicas de las especies constituye una motivación para nuevas y profundas investigaciones sobre el tema, indicando sus potenciales usos y el reconocimiento en el mercado nacional (Urrego et al., 2012).

Conocer acerca de la estructura anatómica de la madera al igual que sus propiedades son de interés científico y de gran importancia industrial para un país. Po lo cual, si se requiere dar los mejores usos en la industria, es muy importante conocer el bosque, sus árboles y sus características (Acosta, 1967).

La investigación planteó conocer acerca de las características anatómicas y propiedades físicas y de trabajabilidad de *Juglans neotropica* Diels, y en función a los resultados obtenidos, la información técnica respalda la importancia y el uso de la especie en base al conocimiento

de la tecnología de la madera. Además, al ser una especie nativa del Ecuador, se pretende incentivar y mejorar su uso, tanto en el ámbito artesanal, industrial, entre otros.

Se proporciona un aporte a través de la información adquirida para respaldar el estudio dentro del PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE LA ESPECIE *Juglans neotropica*. Presentado por la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Técnica del Norte. Asimismo, la investigación pretenderá generar información clara y precisa con el fin de aportar al conocimiento académico de estudiantes y profesores involucrados en las ciencias forestales.

1.1 Objetivos

1.1.1 General

Analizar las características anatómicas, propiedades físicas y de trabajabilidad de *Juglans neotropica* Diels procedente de la parroquia San Roque, Antonio Ante, Imbabura, Ecuador.

1.1.2 Específicos

- Caracterizar anatómicamente la madera de *Juglans neotropica* Diels.
- Determinar las propiedades físicas, de trabajabilidad de *Juglans neotropica* Diels *y* usos posibles de la madera.

1.2 Hipótesis o preguntas de investigación.

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

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

¿Cómo responde la madera de *Juglans neotropica* Diels a los procesos de trabajabilidad?

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentación legal

2.1.1 Constitución de la República del Ecuador (2008)

El Art 71. Menciona que la naturaleza tiene derecho a ser respetada integralmente para su existencia, mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos (Constirtución de la República del Ecuador, 2008).

La Constitución de la República del Ecuador (2008) menciona que la naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados (Art. 72).

Además, se considera deberes y responsabilidades de los ecuatorianos el respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos de modo racional, sustentables y sostenible (CRE, 2008, Art.83).

2.1.2 Código Orgánico del Ambiente (COA)

El Código Orgánico del Ambiente (2017), tiene por objeto garantizar el derecho de las personas a tener un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, también proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o sumak kawsay y regular las actividades que garanticen una planificación integral y sostenible de los recursos naturales (Art. 1).

Art.3.- Fines de este Código: en el literal 9 establece los mecanismos que fomenten y proporcionen la generación de información ambiental, además de la articulación y la coordinación entre entidades tanto públicas, privadas y las responsabilidades de la sociedad civil y poder realizar actividades de gestión e investigación ambiental con los requerimientos adecuados y de propiedad estatal (COA, 2017).

Art. 17.- La investigación ambiental debe ser respaldada por el Estado y contar con datos científicos y técnicos acerca de la biodiversidad y el ambiente, además deberán ser actualizados de manera continuamente. Por lo cual, La Autoridad Ambiental Nacional es la encargada de trabajar, recopilar y analizar los datos conjuntamente entre instituciones de educación superior públicas, privadas, mixtas e instituciones dedicadas a la investigación con el fin de mejorar la información científica del país (COA, 2017).

2.1.3 Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025

Se presenta el objetivo 11. Conservar, restaurar, proteger y hacer un uso sostenible de los recursos naturales, perteneciente al Eje de Transición Ecológica. El cual propone avanzar las condiciones legales, económicas y de protección ambiental necesarias para lograr el funcionamiento adecuado de las actividades humanas.

Dentro de este objetivo, se tiene como política 11.1 el promover la protección y conservación de ecosistemas y su biodiversidad; así como el patrimonio natural y genético nacional. Y política 11.2 el fomentar la reducción de la deforestación y degradación de los ecosistemas a partir del uso y aprovechamiento sostenible del patrimonio natural (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 (Universidad Tecnica del Norte, 2020)

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 La madera

La madera es un material biológico de origen vegetal y elevada resistencia caracterizada por su porosidad y extrema versatilidad (Winandy, 1994). Como lo establece Aguilar y Guzowski (2011), está compuesta por numerosas células, la pared celular es fina y flexible, con el tiempo se endurece, sobre todo, por acumulación de celulosa, se vuelve más rígida e impermeable.

2.2.1.1 Secciones de la madera

En la anatomía de la madera, se tiene importantes y confiables observaciones en la superficie donde se identifica la sección transversal, radial o tangencial (Chavesta, 2012). En general se puede hacer la observación de la madera a través de tres distintos planos con el fin de encontrar diferencias anatómicas:

- Transversal: Se lo obtiene realizando un corte perpendicular al eje longitudinal de la muestra, es decir normal al eje del tronco; pudiendo con ello observar características como porcentaje de madera temprana, tardía, porosidad y ancho del anillo (Berger y Suirezs, 2009).
- Radial: Se lo obtiene realizando un corte paralelo al eje longitudinal de la muestra, paralelo a los radios del tronco, atravesándolo con un corte de un extremo a extremo por el centro del tronco y de forma perpendicular a los anillos de crecimiento, pudiendo con ello observar el lustre de la madera, tipo de grano y el tamaño de los radios (Jhonson, 1990).
- Tangencial: Se lo obtiene realizando un corte paralelo al eje longitudinal de la muestra, siendo también en sentido radial, tangencial a los aros de crecimiento u oblicuo, pudiendo con ello observar conductos transversales, líneas vasculares, tipo de grano y el lustre de la madera (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC], 2014).

2.2.2 Propiedades anatómicas

2.2.2.1 Anillos de crecimiento.

Considerado a los registros presentes en los árboles dependientemente de los factores climáticos. Estos almacenan información acerca condiciones ambientales que afectan al crecimiento de especies arbóreas (Amoroso y Suarez, 2015; Briceño-J, Rangel-Ch, y Marys Bogino, 2018).

Para (Giménez, Moglia, Hernández, y Gerez, 2000), además de brindar información de suma importancia, es de gran interés en investigaciones dendrocronológicas, en la silvicultura, dasometría y ordenación; mediante el análisis de los troncos se puede elaborar tablas de cubicación, entre otras cosas.

2.2.2.2 Vasos.

Son un conjunto de células concentradas en la sección transversal que reciben el nombre de poros y forman una estructura que se encarga de la función de conducción de agua y sales minerales a lo largo del individuo, estando presentes a través de orificios (Junta del Acuerdo de Cartagena [JUNAC], 1984; González, 2019)

2.2.2.3 Porosidad.

Trata de la varianza que existe (mayor o menor) en la cantidad y tamaño de poros con la que cuenta la muestra a lo largo de su anillo de crecimiento (Gonzales, 2008). Diéguez (1997) menciona que los vacíos de la madera no son específicos, puesto que es distinto por cada especie, individuo, e incluso por pieza.

2.2.2.3.1 Ubicación.

De acuerdo con Barañao, et al. (2008) y González. (2019) , pueden ser:

- Circular: Se trata de un patrón caracterizado por poros grandes al comienzo del anillo de crecimiento y poros pequeños al final de este, con paredes delgadas que forman un anillo.
- Semicircular: En este caso siendo un patrón parecido a la circular, con poros grandes al inicio y pequeños al final, caracterizado por la diferencia de una transición gradual entre éstas.
- Difusa: Se trata de poros que no siguen un patrón específico en su variación, dado que están distribuidos de tamaños iguales o muy parecido por todo el anillo de crecimiento, haciendo que sea difícil identificar el leño temprano y tardío.

2.2.2.3.2 Tamaño.

- Grandes: Se tratan de poros que son de fácil observación gracias a sus proporciones de mayor tamaño, de manera que se los puede identificar a simple vista.
- Medianos: Los poros que son de un tamaño mediano por su parte aún son visibles a simple vista, pero presenta cierta dificultad para hacerlo.
- Pequeños: En este caso su observación resulta imposible a simple vista, se requiere de herramientas como lupas y microscopios (Barañao et al., 2008).

2.2.2.3.3 Disposición.

Referente a la orientación que llevan, los poros con respecto a la dirección de los radios pueden ser:

- Radial o flamiforme: Los poros se disponen en filas paralelas a los radios.
- Radial – oblicua: Los poros se disponen en filas paralelas y oblicuas con respecto a la orientación de los radios.
- Patrón dendrítico: Aquella variación del tipo anterior en el que se observa una disposición de poros en donde muestra "ramificaciones".
- Bandas tangenciales o ulmoide: Los poros se disponen en líneas o bandas que son perpendiculares a la dirección de los radios (Kollmann y Cote, 1968).
- Sin ningún patrón definido: Los poros se encuentran dispuestos o arreglados sin seguir ningún patrón definido.

2.2.2.3.4 Agrupación.

Chavesta (2012), menciona que se trata del grado de contacto existente entre los poros, los cuales son:

- Poros exclusivamente solitarios: Aquellos poros que no están en contacto entre sí, es decir, se encuentran independientes unos de otros.
- Múltiples: Cuando los poros están en contacto entre sí.
- Múltiples radiales: Poros en contacto sólo por su pared tangencial.

2.2.2.4 Parénquima.

El parénquima axial es aquel que almacena el leño, teniendo mayor proporción en las latifoliadas que en coníferas. Sus células se destacan de las demás por presentar paredes degradadas, no lignificadas, puntuaciones simples y por su forma rectangular y fusiforme en los planos longitudinales (Kollmann y Cote, 1968).

La distribución que presenta el parénquima xilemático o axial muestra diferentes tipos intermedios. La relación espacial de los vasos, como se observa en cortes transversales, sirve para su división en dos tipos principales (Kollmann y Cote, 1968).

- Parénquima Apotraqueal: no asociado a los vasos. Puede a su vez presentarse de las siguientes maneras tales como: difuso, difuso en agregados y en bandas marginal.
- Parénquima Paratraqueal: sistemáticamente asociado a los vasos. Se presenta de diferentes formas, tales como: escaso, unilateral, vasicéntrico, aliforme y confluente coalescente.

2.2.2.5 Radios

Los radios tienen la función de almacenamiento y conducción transversal de las sustancias nutritivas. Presentan gran variedad en forma, tamaño y número de células que los componen. Estos pueden ser:

- Homogéneos: formados por células, normalmente se refiere el término homogéneo a radios cuyo tejido está formado apenas por células horizontales o procumbentes en sección radial. Este tipo incluye radios compuestos de células procumbentes (horizontales), con una hilera de células marginales por lo general más altas que las del centro, siendo lo mismo procumbentes.
- Heterogéneos: están formados por más de un tipo de células: procumbentes, cuadradas o verticales, en diversas combinaciones (Kollmann y Cote, 1968).

Tipo I: Son radios multiseriados compuestos por células erectas o cuadradas, con extremidades uniseriadas del mismo espesor o más largas que la parte multiseriada. Los extremos son uniseriados y formados por células verticales o cuadradas.

Tipo II: Los radios uniseriados, compuestos de células verticales y cuadradas. Radios multiseriados con una hilera marginal de células erectas o con colas uniseriadas, más cortas que las partes multiseriadas, siendo éstas compuestas por células erectas.

Tipo III: Aquellos radios multiseriados con células procumbentes o células cuadradas, o una mezcla de ambas. (Kollmann y Cote, 1968).

Los radios homogéneos y heterogéneos pueden ser uniseriados; son constituidos por una hilera de células en la sección tangencial o multiseriados que están formados por más de una hilera de células en la sección tangencial (Kollmann y Cote, 1968).

Además, de estos tipos los radios pueden tener otros aspectos especiales como: Radios con canal, fusionados, agregados y con células envolventes.

2.2.3 Propiedades físicas

La madera es un material orgánico formado por fibras compactas y un tejido leñoso, distinguido por sus distintas propiedades y aplicaciones, que al poseer diferentes características según su especie lo hace versátil en su comportamiento durante los procesos de transformación por sus propiedades físicas como densidad, contenido de humedad y estabilidad dimensional que los hace deseables para ciertos trabajos e indeseables en otros (Puertas et al., 2013; Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2017)

2.2.3.1 Contenido de humedad

Puesto que la madera es un material higroscópico tiene la capacidad de absorber y contener agua, haciendo que resulten presentes distintos niveles de humedad en una muestra; es uno de los factores más influyentes en sus propiedades, puesto que dependiendo a la variación en sus proporciones cambiará las propiedades, la resistencia y densidad, siendo partes fundamentales bajo la exigencia del mercado (Ordoñez y Dávalos, 1996; Gómez y Ramírez, 2006)

Según Jiménez (2011), la madera es proporcional a los niveles de humedad que presente la pieza de madera, siendo destacables los trozos de: madera verde, madera húmeda, madera seca al aire y madera seca en cámara.

2.2.3.2 Densidad o peso específico

La densidad se trata de la propiedad física que señala la cantidad de materia leñosa por unidad de volumen, siendo el peso y masa determinados por una balanza, pues es una constante mecánica que da la variable de resistencia que tiene el material bajo diferentes expresiones dependiendo de la contracción volumétrica (Pettineli y G. , 1994; Salvo y Perez, 2013).

Es uno de los mayores indicadores de resistencia y valores energéticos, si son pesadas tendrán una mayor resistencia y elasticidad que las livianas; por otra parte, la trabajabilidad en la misma se verá dificultada por su tendencia a presentar una mayor variación volumétrica. Varía según las dimensiones de las células y la densidad de sus paredes, en su delimitación se analiza la relación entre el peso del material y el volumen ocupado sin los poros (Berger y Suirezs, 2009; León, 2010).

- Densidad de referencia: relación entre la masa y el volumen de la probeta, se determina por un CH en común para este tipo de humedad se definen:
- Densidad normal: relación entre la masa y el volumen con un contenido de humedad igual al 12 %.
- Densidad en estado anhidro: relación entre la masa y el volumen de la probeta madera seca al horno.

- Densidad básica: relación entre el volumen de la probeta en estado anhidro y el volumen en estado saturado (Pettineli y G. , 1994; Salvo y Perez, 2013).

2.2.3.3 Contracción

Se trata de la propiedad que tiene el material para cambiar sus dimensiones debido a un cambio dentro de los niveles de humedad que contiene la muestra de madera, lo que implica que las proporciones o medidas varíen (Kollmann, Kuenzi y Stamm, 1975; Cardoso, Cagno, Cárdeas y Gatto, 2013).

Además, gracias a otro estudio se ha logrado determinar que no es solo la humedad la variante dentro de su contracción, puesto que también va en función del contenido de lignina (Pazos y Sotelo, 1999).

2.2.4 Propiedades de trabajabilidad

La madera posee distintas características con respecto a su tratamiento de trabajabilidad, pues cada especie consta con características diferentes en cuanto a su estructura, densidad, contenido de humedad, anillos de crecimiento, entre otros. Por lo cual resultan necesarios los proceso de maquinado o trabajo manual en su utilización dado que con ese proceso es posible determinar el potencial de la calidad y dificultad que se podrá encontrar durante el trabajo (Velasco, Rosa, Villalba y Velásquez, 2012).

Los estudios de trabajabilidad son una parte importante de lo que es el análisis del comportamiento de especies forestales, puesto que lo que se busca es contribuir en la optimización de las técnicas de producción con un manejo sustentable y seguro sobre especies de maderas poco conocidas en el mercado (Higueras, 2018).

2.2.4.1 Cepillado

Es el proceso de tratado sobre la madera que consta en rebajar sucesivamente laminas superficiales, con el fin de dar forma y encontrar en la muestra una superficie limpia y lisa con la medida deseada, a través del uso de herramientas o instrumentos como cuchillas en un sentido lineal o circular (Mediavilla, 2016).

2.2.4.2 Lijado

Es la acción a la cual es sometida la muestra de madera con la finalidad de eliminar residuos de grano velloso y levantado de su superficie con el uso de máquinas o lija, buscando que éste resulte más suave y liso al tacto, el grado de uso de esta técnica radicará en los defectos que presente la madera (Meneses, 2013).

2.2.4.3 Moldurado

Es el proceso llevado a cabo sobre las piezas de madera, buscando darle un acabado o forma, los cuales varían según la herramienta empleada en el proceso, pues según se use se puede conseguir rectas o curvas, dependiendo de la proyección de las cuchillas sus perfiles irán cambiando (Flores y Muñoz, 1989).

2.2.4.4 Taladrado

El taladrado es el acto de perforar la pieza con el fin de hacer un espacio/ hueco que será destinado para ser receptor de herramientas con forma cilíndrica, tales como clavos o tornillos (Hidalgo y Vallencilla, 1987).

2.2.4.5 Torneado

Es el proceso por el que pasa la muestra de madera, a través de una máquina que se encarga de hacer que la pieza gire en su eje y con ayuda de otro instrumento cortante que dependiendo de su disposición y posicionamiento logrará dar la forma deseada al producto; usualmente siendo empleada esta técnica para la fabricación de lámparas, patas de cama u otros (Wilhelm, 1971).

2.2.5 Características de Nogal.

2.2.5.1 Hábitat y distribución

Juglans neotropica Diels es una especie forestal que para su cultivo y desarrollo necesita de un hábitat que cuente con las siguientes condiciones:

- Suelos: Con factor franco arenoso libre de sales (es intolerante a suelos salinos), además de un espacio profundo para su crecimiento (Iannamico, 2015).
- Condiciones climatológicas: Especie de fácil adaptación a las condiciones climáticas presentes en la región andina, como alta radiación, bajas precipitaciones y fuertes vientos presentes en bosques secos y húmedos que se encuentren a una altura entre 1600 y 3000 msnm; con temperaturas oscilantes a 11.8 y 18.8 grados centígrados (Estrada, 1997).

La distribución de esta especie se da a lo largo del territorio andino, siendo una especie exótica y nativa de países como Ecuador, Perú, Colombia, Bolivia y Honduras; desarrollándose en zonas como bosques húmedos premontanos y montanos bajos como lo son los valles (Rojas Rodríguez y Torres Córdoba, 2012; Veintimilla, 2020).

2.2.5.2 Descripción botánica

Se trata de una especie arbórea con un lento desarrollo que llega a rodear los 25 m de altura y 40 cm DAP, caracterizado por una corteza surcada y una corona frondosa por su follaje verde claro agrupado al final de sus ramas, separadas de las flores; su fruto es verde y va torneándose amarillo por su maduración (Nieto y Rodriguez, 2002).

Por otra parte, el Nogal es reconocido por los servicios ambientales que brinda, pues es influyente en factores como recuperación ecológica, calidad de aire y agua.

2.2.5.3 Descripción de la madera

La madera tiene grano recto y presenta anillos de crecimiento distinguibles, además de porosidad semicircular apreciables a simple vista y radios pequeños, es necesario el uso de lupa para observarlos con claridad; la madera del nogal (*Juglans neotropica* Diels) es un tipo de material muy resistente a cambios de temperatura y humedad lo cual hace que tenga una larga vida útil y resulte eficiente su uso en diversas áreas de trabajo (Egües, 2021).

2.2.5.4 Usos

Sus usos son muy variados, pues por su versatilidad lo hace eficiente en distintos trabajos, principalmente suele ser usado en la fabricación de productos de carpintería en interiores como chapas decorativas, muebles, suelos, marco de ventanas, puertas, utensilios torneados u otros acabados decorativos que son llamativos por su durabilidad, resistencia y elegante apariencia (Egües, 2021).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del lugar

3.1.1 Política: Parroquia, Cantón, Provincia

La presente investigación se realizó en dos fases, la fase de campo con la especie selecciona en la parroquia de San Roque, cantón Antonio Ante (Anexo A1) y la fase de laboratorio en el Campus "Yuyucocha" de la Universidad Técnica del Norte, que se encuentra ubicado en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, Ecuador (Anexo A2).

3.2 Caracterización edafoclimática del lugar

3.2.1 Suelo

Los individuos se encuentran en suelos con un horizonte superficial rico en materia orgánica y bases de cambio, suelos minerales, profundos (Anexo A3). Estos suelos son Molisoles y se muestra cómo se distribuyen los individuos en base a la temática Geo pedológica de SIGTIERRAS (Ministerios de Agricultura y Ganadería [MAG-SIGTIERRAS], 2015).

3.2.2 Clima

De acuerdo con la geo información del (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2017),el tipo de clima en donde se encuentran los individuos es subhúmedo sin exceso de agua, Mesotérmico templado frío según la clasificación de Köppen, la cual es el origen acerca de la clasificación de climas en el Ecuador. Este clima es característico de zonas interandinas desde los 2000 hasta 4000 m.s.n.m. Además, posee temperaturas anuales entre 10 y 28°C y precipitaciones anuales que varían entre 500 y 1500 mm (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial [PDOT], 2020).

3.3 Materiales, equipo y software

En la Tabla1, se describen los materiales, equipos y software que se emplearon en el desarrollo de la investigación.

Tabla 1.

Materiales, equipos y software empleados en la investigación.

Materiales de campo	Materiales de laboratorio	Equipos	Software	Maquinaria
Cinta métrica	Estufa	GPS.	Microsoft Word.	Canteadora
Hoja de campo	Cajas Petri	Hipsómetro de Suunto.	Microsoft Excel.	Cepilladora
Machete	Calibrador digital	Cámara fotográfica.	ArcGIS 10.3	Sierra de mesa
Pintura aerosol	Porta y cubre objetos	Brújula	Microsoft PowerPoint	Torneador
		Computador HP.		Motosierra
		Balanza electrónica		Fresadora
		Microscopio electrónico		
		Micrótomo		

3.4 Metodología

En la selección y colección de muestras se utilizó la Norma INEN 1 158, para la medición y cubicación la Norma INEN 1159. En el traslado del material a la Central de Innovación Maderera, ubicada en el campus Yuyucocha, se tramitó un permiso a través del sistema SUIA – BIODIVERSIDAD al momento de la aprobación del anteproyecto.

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 y finalmente, para determinar los ensayos de trabajabilidad la norma ASTM D 1666-87. Además, se usó la Norma INEN 2580, donde categoriza los usos posibles de la madera.

Las normas INEN, ASTM y COPANT permitieron obtener muestras que fueron evaluadas en base a estimadores estadísticos como media, desviación estándar, error estándar y coeficiente de variación.

3.4.1 Universo-Población

Se considera como población objetivo a los siete árboles de la especie *Juglans neotropica* Diels ubicados en la parroquia San Roque, con las mejores características fenotípicas de la especie. A continuación, en la Tabla 2 se muestran los individuos están localizados en la parroquia con las siguientes coordenadas geográficas.

Tabla 2.

Coordenadas geográficas de las especies.

Puntos	Longitud	Latitud	Altitud
1	78º14´13,90´´ O	0º18´46,32´´ N	2390 m.s.n.m
2	78º14´13,04´´ O	0º18´46,45´´ N	2389 m.s.n.m
3	78º14´15,27´´ O	0º18´46,73´´ N	2389 m.s.n.m
4	78º13´27,16´´ O	0º17´58,70´´ N	2558 m.s.n.m
5	78º13´28,30´´ O	0º17´59,83´´ N	2551 m.s.n.m
6	78º13´31,79´´ O	0º18´7,25´´ N	2524 m.s.n.m
7	78º14´16,11´´ O	0º18´16,11´´ N	2391 m.s.n.m

3.4.2 Tamaño de la muestra

Las características anatómicas se analizaron en 6 muestras de xiloteca y 10 cubos de madera; para las propiedades físicas 49 probetas y 105 en los ensayos de trabajabilidad.

3.5 Variables

En las variables cuantitativas como el contenido de humedad, densidad y contracción, se realizó un análisis estadístico utilizando la media aritmética, desviación estándar, límites de confianzas, coeficiente de variación. Por otro lado, en las variables cualitativas se requiere mantenerse bajo la norma.

3.5.1 Determinación de las características anatómicas

En la Tabla 3 se presenta la preparación de las muestras bajo los estándares de la normativa (INEN, 2012), Maderas, método para la descripción de las características organolépticas, macroscópicas y microscópicas.

Tabla 3.

Dimensión de las muestras

Muestras	Dimensión de las probetas (cm)
Xiloteca	15x10x2
Propiedades micro anatómicas	1,5x1,5x1,5
Rodaja	5

Nota. Adaptado de (INEN, 2012)

3.5.1.1 Descripción de las características organolépticas

Se utilizó en la descripción organoléptica las muestras de xiloteca de *Juglans neotropica* Diels, considerando los estándares que se encuentran en la norma (INEN 1163, 2012), donde se describió lo siguiente:

- Color: Se realizó de manera visual, en base a la información de la Tabla de Colores de Suelo Munsell (Munsell, 1975).
- Transición de albura a duramen: Se realizó una observación en el cambio de coloración de albura a duramen.
- Sabor: A través del sentido del gusto, se procedió a probar las muestras y determinar el sabor (ácido, amargo, astringente, dulce o ausente).
- Olor: En base al sentido del olfato, se logró percibir y describir en el caso de mostrar un olor característico.
- Brillo: Se realizó bajo la exposición de luz directa y en la sección tangencial de la muestra.
- Veteado: Realizado en la sección tangencial, logrando visualizar si es bien definido.
- Grano: Se realizó en la cara tangencial si presenta (recto, oblicuo, entrecruzado, ondulado).
- Textura: Se determinó en el corte tangencial radial (fina, media, gruesa).

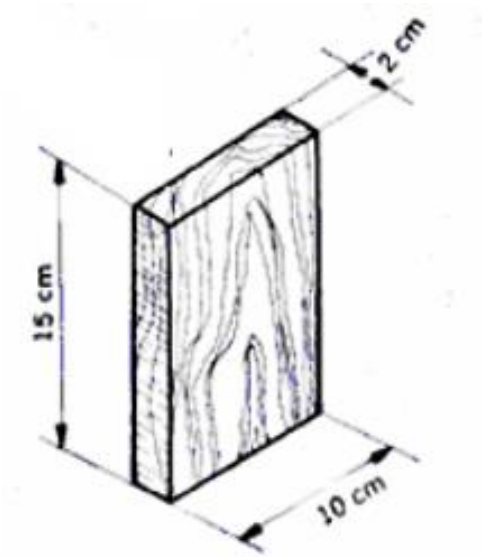
3.5.1.2 Descripción de las características macroscópicas

En el Laboratorio de Anatomía de Maderas y Xiloteca ubicado en el campus Yuyucocha se determinaron las características anatómicas en las muestras de xiloteca como se muestra en la Tabla 3, 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 la sección transversal, se observó los parénquimas y la sección longitudinal tangencial, los radios, su distribución y sus canales secretores.

Figura 1.

Muestra para descripción de las características macroscópicas.



Nota. Tomado de Norma COPANT 459 (1972)

3.5.1.3 Descripción de las características microscópicas

En la preparación correcta, los cortes tuvieron el espesor adecuado que permite la observación de los detalles estructurales 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 fueron ablandados a base de cocción en agua hasta llegar al punto de ebullición y se verificará el estado de ablandamiento realizando cortes en el micrótomo.

b) **Corte de láminas. –** El micrótomo fue el encargado de realizar los cortes en láminas horizontales con espesores de 10 a 15 micras para los planos tangencial y radial, además en el corte transversal se lo realizó a las 20 micras. Se procedió al seguimiento pertinente de la calidad y orientación de las láminas con la finalidad de observar en el microscopio eléctrico y más adelante, las láminas se colocaron en cajas Petri debidamente codificadas, Según, número de árbol y plano (A1-T).

c) **Lavado de láminas**. **–** En el proceso de corte, los tejidos sufrieron roturas y presentaron pequeñas partículas de tejidos, las cuales debían ser eliminadas, por lo que se realizó la inmersión de cada corte en agua destilada y lograr obtener cortes de láminas sin residuos de tejidos.

d) **Deshidratación de tejidos. –** Fue necesario aplicar las soluciones alcohólicas al 35°, 50°, 75°, 90°, 95° y alcohol absoluto. Donde los cortes permanecieron durante cinco a diez minutos en cada paso empezando desde el menor grado hasta llegar al alcohol absoluto.

e) **Coloración de láminas. -** Se aplicaron gotas de safranina al 1% en solución alcohólica, hasta cubrir los cortes, dejándolo 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 tener una solución cristalina después del lavado. Finalmente, se dejó reposar en alcohol absoluto hasta el momento del montaje de las placas.

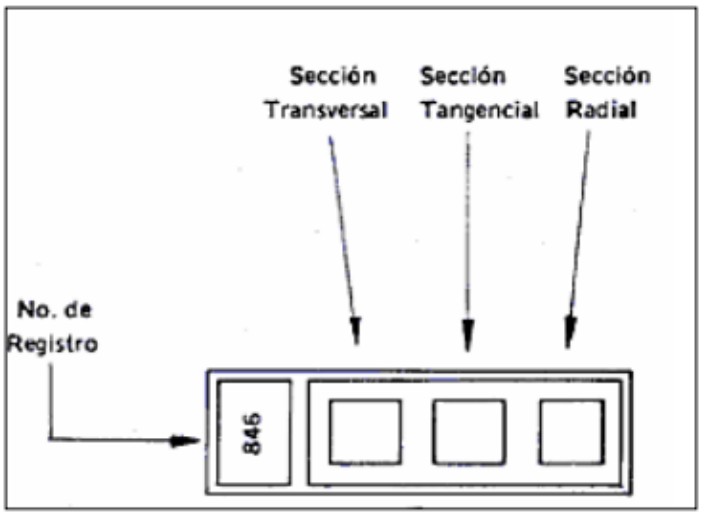
g) **Montaje y etiquetado de láminas. –** De acuerdo con la norma (INEN 1163, 2012), la cual se basa en la norma COPANT N.º 30:1-019, se procedió a colocar en el costado derecho del portaobjetos los tres cortes de las especies con el siguiente orden: izquierda el transversal, al medio el tangencial y a la derecha el radial, además se agregó una o dos gotas de bálsamo de Canadá para placas, disuelto en alcohol a temperatura alta sin llegar al punto de ebullición. Posteriormente, se colocaron sobre las láminas el cubreobjetos rectangular y su respectivo etiquetado.

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

Se observó los vasos, la distribución que posee, su disposición, con qué frecuencia aparecen sus fibras entre otros estándares bajo la norma. Además, se empleó la Lista de las Características Micro anatómicas para la Identificación de Maderas Duras de acuerdo con (International Association of Wood Anatomists [IAWA], 2007).

Figura 2.

Placa para la descripción y medición de las características



Nota. Tomado de INEN (2012)

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

3.5.2 Determinación de las propiedades físicas

La norma COPANT 459 (1972), determina un número de probetas dimensionadas para cada ensayo como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4.

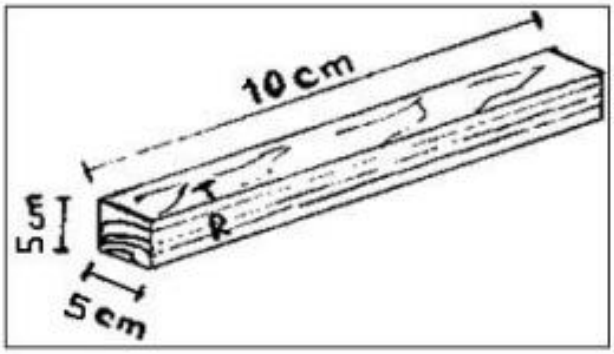
Probetas para los ensayos de propiedades físicas

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

Nota. T= Tangencial; R= Radial. Adaptado de COPANT 459 (1972).

Figura 3.

Probetas para propiedades físicas.



Nota. Tomado de Norma COPANT 459 (1972)**.**

3.5.2.1 Contenido de humedad

En base a la norma COPANT 460 (Método de determinación de la humedad), se utilizó siete probetas por cada árbol, dando un total 49, libres de defectos y con orientación tangencial/radial.

Procedimiento

Se realizó un etiquetado a las probetas, con su respectiva medición y fue pesado en una balanza digital JADEVER en estado verde, para luego ser dejado 45 días en estado ambiente, fue observado 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 con regulador de temperatura a 103 ± 2 °C por el intervalo de 24 horas y se tomaron pesos parciales cada seis horas hasta tener dos pesos consecutivos iguales y proceder a la tercera toma de datos.

Se realizó en base a la estimación del CH% de acuerdo con la norma COPANT 460 como se muestra en la ecuación 1 (Ec.1):

$$CH\% = \frac{PV - PSH}{PSH} x100$$

Ec.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).

3.5.2.2 Densidad

Con la norma COPANT 461(Método de determinación del peso específico aparente), se utilizó siete probetas por cada árbol, total 49, en sentido tangencial/radial.

Procedimiento

Se tomó en cuenta las condiciones de la madera en estado verde, seca al aire y anhidra para más adelante analizar la densidad básica.

Madera en estado verde. – La densidad en esta condición, las probetas fueron embaladas en plástico retráctil para mantener su humedad y libre de contaminantes, se usó una balanza digital JADEVER para saber el peso en verde y después tomar las medidas con un calibrador pie de Rey con el fin de medir las caras de la probeta y determinar el volumen.

Se tomó en cuenta la estimación del "DV" en base la ecuación 2 (Ec.2):

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

Ec.2

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.

Madera en estado seco al aire. – Las probetas se expusieron al estado por un lapso de 45 días hasta que las probetas obtengan pesos iguales.

Para el cálculo del "DSA" se tomó en cuenta la ecuación 3 (Ec.3):

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

Ec.3

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.

Madera en estado anhidro. – Las probetas fueron medidas tangencial, radial y longitudinalmente con el fin de obtener el volumen de "DA" a través de la ecuación 4 (Ec.4):

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

Ec.4

Donde:

DA= Densidad anhidra expresada en gr/cm^3.

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

VSH= Volumen en estado seco al horno expresado en cm^3.

Densidad básica. - Se tomó en cuenta el peso en estado anhidro y su relación con el volumen en estado verde. Para el cálculo de "DB", tomando cuenta la ecuación 5 (Ec.5):

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

Ec.5

Donde:

DB= Densidad básica expresada gr/cm^3.

PSH= 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^3.

3.5.2.3 Contracción

Tomando en cuenta la norma INEN 1164, se utilizó 49 probetas, las cuales están dimensionadas como se mostró en la tabla 4, con orientación tangencial/radial.

Procedimiento

Se señalaron las probetas en las seis caras para indicar las posiciones donde se requiere realizar la medición. Posteriormente, se procedió a medir con el calibrador digital en las tres dimensiones de las probetas. En la siguiente Tabla 5, muestra las ecuaciones a ocupar.

Tabla 5.

Ecuaciones para determinar la contracción

Dimensión	Ecuación	Descripción
Longitudinal. Medir de manera perpendicular las cara radial y tangencial desde la base inferior hacia la parte superior de las probetas	$CLN(\%) = \frac{DLV - DSLA}{DLV} x100$ Ec.6	**CLN%=** Contracción longitudinal normal de la probeta en condición verde al seco al ambiente en porcentaje. **DLV=** Dimensión longitudinal de la probeta en estado verde expresada en milímetros (mm) **DLSA=** Dimensión longitudinal de la probeta en condición seca al ambiente, expresado en milímetros.
	$CLT(\%) = \frac{DLV - DSLH}{DLV} x100$ Ec.7	**CLN%=** Contracción longitudinal total de la probeta de estado verde a estado anhidro expresada en (%). **DLV=** Dimensión longitudinal de la probeta en estado verde expresada, en milímetros (mm). **DLSH=** Dimensión longitudinal de la probeta en estado anhidro, expresado en milímetros (mm).
Radial. Medir la separación existente entre las diferentes caras tangenciales con una distancia de 3	$CRN(\%) = \frac{DRV - DRSA}{DRV} x100$ Ec.8	**CNR%=** Contracción en sentido radial normal de la probeta en condiciones verde y también seco al ambiente expresada en porcentaje (%). **DVR=** Dimensión radial en estado verde de la probeta expresada en mm **DRSA=** Dimensión radial de la probeta en seco al ambiente, expresado en mm.

Dimensión	Ecuación	Descripción
cm de las bases hacia el centro de los dos extremos.	$CRT(\%) = \frac{DRV - DRSH}{DRV} x100$ Ec.9	**CTR%=** Contracción radial total de la probeta de estado verde al estado anhidro. **DVR=** Dimensión radial de la probeta en verde expresada en mm. **DRSH=** Dimensión radial de la probeta anhidra expresada en mm.
Tangencial. Medir igual al procedimiento de la dimensión radial las dos caras radiales.	$CTN(\%) = \frac{DTV - DTSA}{DTV} x100$ Ec.10	**CTN%=** contracción en sentido tangencial normal de la probeta en verde en estado al ambiente. **DTV=** Dimensión tangencial de la probeta en estado verde en mm. **DTSA=** Dimensión tangencial de la probeta en condición seca al aire, expresado en mm.
	$CTT(\%) = \frac{DTV - DTSH}{DTV} x100$ Ec.11	**CTT%=** Contracción tangencial total de la probeta de verde a anhidra. **DTV**= Dimensión tangencial de la probeta en verde expresada en mm. **DTSH=** Dimensión tangencial de la probeta anhidra expresado en mm.

Nota. Tomado de Norma INEN 1164 (2013)

Contracción volumétrica total. - Denominada así a la relación de la contracción en caras radiales y tangenciales por cada probeta, la cual se calculó con la siguiente ecuación 12 (Ec.12):

$$Cvt = Clt + Ctt + Crt$$

Ec.12

Donde:

Ctv= Contracción volumétrica total de la probeta de estado verde al estado anhidro en (%).

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

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

Relación tangencial/radial. - Denominada así a la relación entre la contracción tangencial y radial con el fin de analizar la estabilidad dimensional de las probetas, la cual se calculó con la siguiente ecuación 13 (Ec.13):

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

Ec.13

Donde:

T/R= Relación tangencial radial.

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

CTR= Contracción radial total de la probeta en (%).

3.5.3 Determinación de las propiedades de trabajabilidad

Los ensayos de trabajabilidad y su respectiva evaluación fueron realizados de acuerdo con las normas ASTM D 1666-87 como se muestra en la Tabla 6; mediante una identificación visual, donde se verificó la existencia de fibras y granos.

Tabla 6.

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

Nota. T= Tangencial; R= Radial; O= Oblicuo. Adaptado de American Society for Testing and Materials, (ASTM, 1992).

Además, en la Tabla 7, se presentan los grados en base a la norma ASTM (1992) con los que se calificó las probetas.

Tabla 7.

Rango de evaluación según la norma ASTM

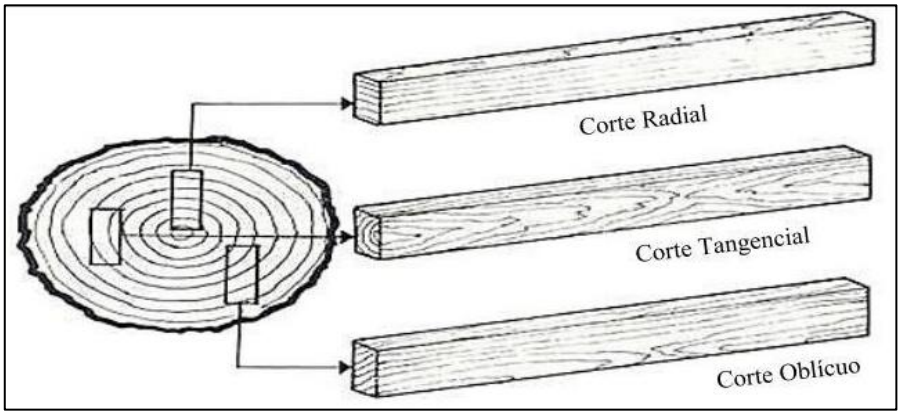
Grado	Clasificación	Descripción
1	Excelente	La probeta no debe tener defecto alguno.
2	Bueno	Se captará de 10 a 20% de fibra levantada.
3	Regular	Se aceptará fibra levantada hasta en un 30% con grano desgarrado.
4	Malo	Se aceptará fibra levantada hasta en un 40% con grano desgarrado se aceptará hasta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

Nota. Adaptado de *ASTM* (1992).

Fue necesario orientar correctamente las probetas (tangencial, radial y oblicua) dependiendo de la dirección en el tronco, de la misma manera que se aprecia en la Figura 4. Se realizó los ensayos en maderas con un contenido de humedad estable.

Figura 4.

Tipos de corte según la orientación en el tronco



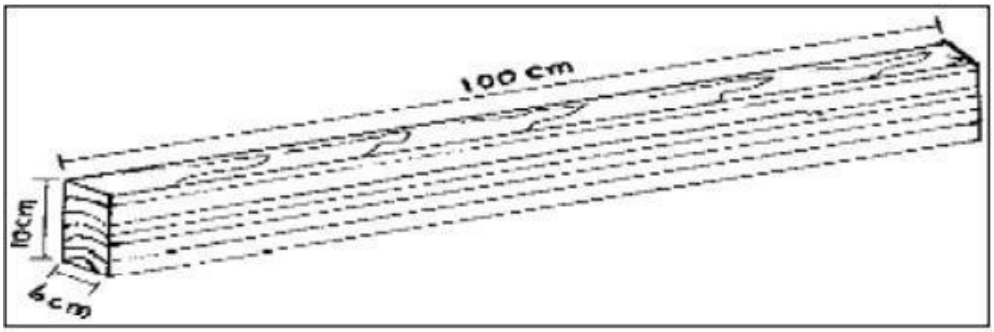
Nota. Tomado de Norma COPANT 459 (1972)

3.5.3.1 Cepillado

Se utilizaron 105 probetas para este ensayo, de las cuales provienen 35 por cada orientación y cinco por cada individuo. Su dimensión se muestra en la Figura 5.

Figura 5.

Probeta para ensayos de cepillado



Nota. Tomado de Norma COPANT 459 (1972)

Procedimiento

Se codificaron de manera que se observe el número, orientación y dirección del árbol, después se marcó con una flecha en el extremo de cada probeta y poder indicar la dirección a favor y en contra del grano. Se realizaron dos repeticiones a favor y dos en contra del grano con el fin de examinar el comportamiento de la madera. Este ensayo requiere de tres cuchillas con un ángulo de corte de 45°.

La velocidad de alimentación se realizó mediante la identificación de las características de la cepilladora y un cronómetro. De acuerdo con la Norma ASTM D1666-87 (1992), se determinará con la siguiente ecuación 14 (Ec.14):

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

Ec.14

El ancho de marca de la cuchilla se calculará con la ecuación 15 (Ec.15):

$$Ancho\ de\ marca\ (A.D.M) = \frac{AxB}{CxT}$$

Ec.15

Donde:

A= Revoluciones por minuto en el cabezal

B= Número de cuchillas en el cabezal

C= Velocidad de avance (m/min)

3.5.3.2 Lijado

En este ensayo se utilizó las mismas probetas del ensayo anterior, teniendo un total de 105 probetas. Se realizó en 2 etapas, la primera con la lija número 60, la cual es más áspera y permite alisar la superficie irregular originada por el proceso del cepillado. Más adelante, el uso de una lija número 100 determinó la eficiencia, calidad y los tipos de defectos que ocasionaron los tipos de lijas.

Procedimiento

Con el uso del calibrador digital, se midió la parte media de la probeta para conocer el desgaste presente, se realizó dos repeticiones, tomando en cuenta el estado a favor y contra del grano. Luego, mediante un termómetro se determinó la temperatura de la lija con el fin de saber la fricción que tuvo, además se midió la velocidad de desgaste de la lija y la cantidad de residuo, haciendo referencia a la facilidad o dificultad en remover partículas. Finalmente, se evaluó el estado en el que termina la probeta.

3.5.3.3 Moldurado

En el ensayo de moldurado se continuó con el uso de las probetas del cepillado y lijado, sus 105 probetas correspondientes.

Procedimiento.

Mediante el uso de una fresadora de dos manos, con una broca circular de ¾ de pulgada, se procedió a realizar dos repeticiones en los filos y en la parte media de la probeta para así determinar los resultados a favor y en contra del grano. Esto se calificará en base al grado defecto presentado en la probeta respectivamente.

3.5.3.4 Taladrado

Las 105 probetas del ensayo anterior se utilizaron en el taladrado, con una broca adecuada.

Procedimiento

Se ubicó los puntos a taladrar en la probeta, estos puntos deben estar uno a cada extremo y a la distancia de 5 cm del filo, por lo tanto, se efectuará dos ensayos por probeta. Mediante la aplicación de fuerza manual, se realizará la penetración con su respectiva toma del tiempo con el cronómetro.

3.5.3.5 Torneado

En este ensayó se utilizó 35 probetas en su totalidad, en las caras radiales, tangenciales y oblicuas, con las dimensiones mencionadas.

Procedimiento

El ensayo se ejecutó en el torneador manual que se encuentra ubicado en la central de innovación maderera. Se utilizó tres clases diferentes de gubias, donde se dimensionó la probeta y colocó en el torneador; con la gubia más grande se fue dando forma cilíndrica a la probeta y luego un diseño a las probetas con las gubias restantes. En esta evaluación, se tomó en cuenta la Norma ASTM D- 1666-87 y sus grados de defectos los cuales son: grano arrancado, grano velloso y grano levantado.

3.5.3.6 Clasificación de los usos posibles

Se realizó de acuerdo con la Norma INEN 2580 (2011), en la que presenta clases de usos en relación con su densidad, por los defectos originados por la constitución de la especie y además por los resultados que se obtuvieron en los ensayos de trabajabilidad, siendo

principales elementos que establecen los usos la madera. A continuación, en la Tabla 8, 9 y 10 se muestra sus parámetros.

Tabla 8.

Sistema de clasificación para usos de la madera

Tipo de clase	Rango de densidad básica	Descripción
A	Mayor que 0,71 g/ cm^3	Maderas para estructuras como pilotes, elementos de puentes, durmientes, vigas, viguetas, pie - derechos, columnas, puntales, dinteles, pisos (medias duelas, duelas, tablones, tabloncillos, parqué) soleras y travesaños; como maderas de recubrimiento en: puertas, ventanas, pasamanos, balaustres y molduras; en tabiquería, (tablas, tablones y tabloncillos vistos); en ebanistería, muebles tallados; y, en chapas decorativas
B	Mayor que 0,55 g/ cm^3 y menor que 0,70 g/ cm^3	Maderas semipesados o semiduras. Suele utilizarse en revestimientos de puertas, ventanas, pasamanos, balaustres y molduras; tabiquería, (tablas, tablones y tabloncillos vistos); entalladuras (molduras, torneados, cabos de herramientas). En base a una buena clasificación visual se las puede emplear como elementos estructurales tales como: puntales, vigas, viguetas, pie - derechos, columnas, dinteles, pisos, (medias duelas, duelas, tablones y tabloncillos vistos) soleras y travesaños; muebles y ebanistería; y, en chapas decorativas
C	Mayor que 0,40 g/ cm^3 y menor que 0,54 g/ cm^3	Catalogadas para maderas como livianas o blandas. Los usos más comunes son: contrachapados, aglomerados, en estructuras

Tipo de clase	Rango de densidad básica	Descripción
		simples como paneles de corte, cerchas, diafragmas, muros portantes, revestimientos, cielos rasos, molduras y forros, puertas, ventanas, tiras, cuerdas, listones, zócalos. Además: baja lenguas, paletas y palillos. Con un adecuado tratamiento y clasificación visual, estas maderas también pueden ser empleadas en estructuras.
D	Menor o igual que 0,40 g/ cm^3	Maderas muy livianas o blandas. Los usos más comunes son: Cajonería, aeromodelismo, aislantes térmico-acústicos, diafragmas y en general en encofrados.

Nota. Adaptado de INEN 2580 (2011).

Tabla 9.

Defectos anatómicos y tolerancias para los diferentes usos

DEFECTO	MADERA ESTRCUTURA	RECUBRIMIENTO	MUEBLES	OTROS USOS Y ENCOFRADO
A) Anatomía				
Médula inclinada	No se permite	Permisible 5%	Permisible 5%	Permisible 15%
Duramen quebradizo	No se permite	No se permite	No se permite	Permisible 15%
Bandas anchas Parénquima	No se permite	Permisible 10%	No se permite	Permisible
B) Grano				
Recto	Permisible	Permisible	Permisible	Permisible
Inclinado	Hasta 1/8 pieza	Hasta 1/8 pieza	Hasta 1/8 pieza	Indiferente
Entrecruzado	Hasta 1/8 pieza	Hasta 1/8 pieza	Hasta 1/8 pieza	Indiferente

DEFECTO	MADERA ESTRCUTURA	RECUBRIMIENTO	MUEBLES	OTROS USOS Y ENCOFRADO
C) Nudos				
Sano	1/4 ancho cara	1/4 ancho cara	1/4 ancho cara	Indiferente
Hueco	1/8 ancho cara	1/8 ancho cara	1/8 ancho cara	Indiferente
Arracimado	No se permite	No se permite	1/8 ancho cara	Indiferente

Nota. Adaptado de INEN (2011).

Además, conforme se dieron los resultados de los ensayos de trabajabilidad, se permitió conocer el comportamiento al trabajo con relación a las máquinas. Se clasificó según (Baluarte-Vásquez & Aróstegui-Vargas, 1991), como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 10.

Clasificación según el comportamiento de trabajabilidad

GRUPO	Descripción
Grupo I	Comportamiento muy bueno: Madera con densidad media, grano recto y dureza baja.
Grupo II	Comportamiento bueno: Madera con densidad muy baja a media, grano recto, dureza muy baja a baja.
Grupo III	Comportamiento regular: Maderas con densidad baja a alta, grano recto, entrecruzado a oblicuo, dureza muy baja a media.
Grupo IV	Comportamiento malo: Maderas con densidad alta a muy alta, grano recto a entrecruzado, contenido de sílice, dureza baja, alta o muy alta.

Nota. Adaptado de INEN (2011).

Procedimiento.

Mediante el criterio de visualización al momento de aserrar las piezas, se clasificó según la Tabla 8, el que permitió conocer los usos de acuerdo con el rango al que pertenezca con respecto a su densidad. Posterior, se tomó en cuenta los defectos originados en la constitución anatómica de las piezas, en el que se observó si existe gran presencia de los defectos como indica la Tabla 9. Además, con la respuesta frente a los ensayos de trabajabilidad, se conoció el uso correcto para mejorar el proceso de transformación de la madera y destinar su uso posible, tomando en cuenta el comportamiento que tenga la madera como se muestra en la Tabla 10. De esta manera y con estos criterios se determinó los posibles usos con respecto a la respuesta que tenga de la madera.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo, se detalla los resultados de los análisis acerca de las características anatómicas, propiedades físicas y ensayos de trabajabilidad.

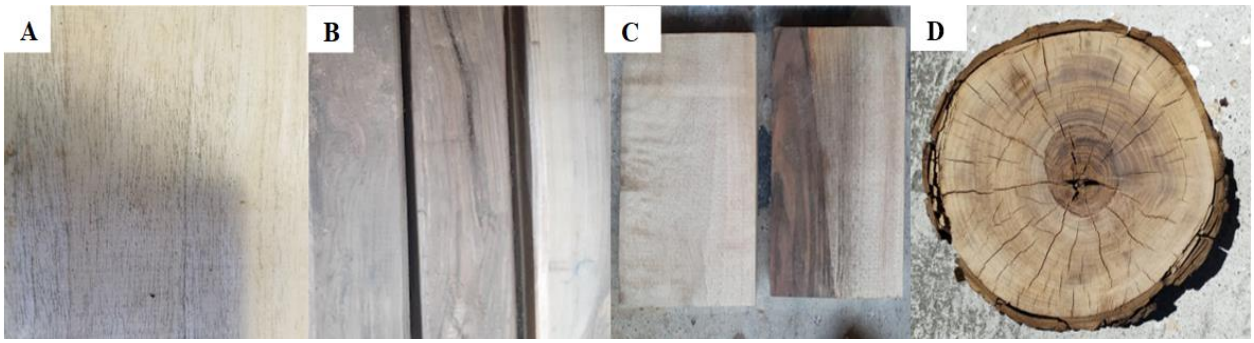
4.1 Características anatómicas de la madera

4.1.1 Descripción organoléptica de Juglans neotropica Diels.

La madera es de color amarrillo pálido (HUE 5Y 8/4) principalmente en su albura y con un duramen marrón grisáceo (HUE 2.5Y 4/2), con una transición gradual entre la albura y duramen. Además, tiene un olor fuertemente característico del nogal con un sabor moderadamente amargo. Posee brillo medio a intenso, grano recto y oblicuo, con una textura media a fina y un veteado bien definido de franjas verticales y arcos superpuesto; En la Figura 6 se presenta las diferentes muestras.

Figura 6.

Muestras organolépticas de Juglans neotropica Diels



De acuerdo con (Cartuche, 2022), esta especie tiene albura y duramen de color marrón en verde y seco, ausente de olor y un sabor amargo astringente. Presenta brillo y textura media, un veteado con arcos superpuestos en U, bandas paralelas y grano inclinado.

Por otro lado, Estrada (1997) menciona que *Juglans neotropica* Diels tiene un color castaño oscuro, con un duramen, con vetas rectas más oscuras y albura con una coloración más clara, olor agradable, similar al fruto. Tiene un brillo de mediano a alto, con un gano recto y una textura media a fina y desigual.

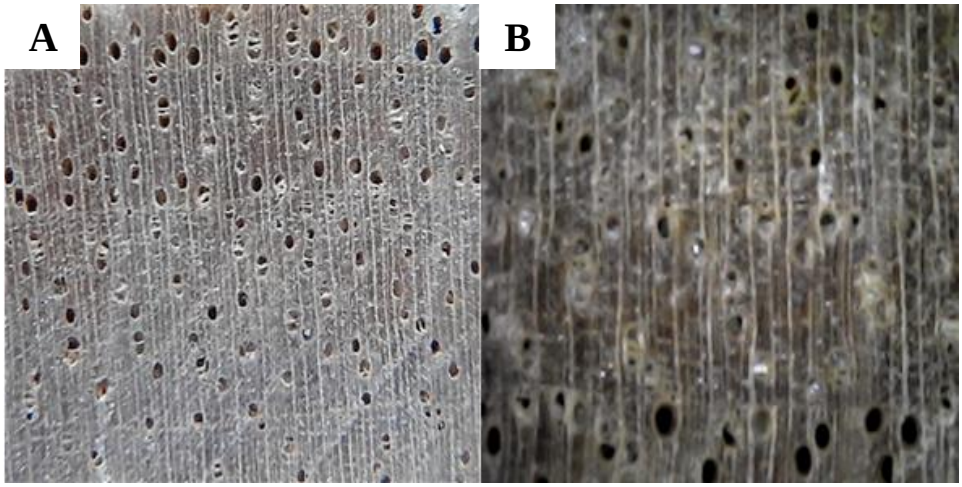
En resumen, se concuerda con Estrada (1997) en los resultados obtenidos en la investigación, tanto para su la coloración, olor, sabor, brillo y textura. Sin embargo, se difiere con (Cartuche, 2022) en el olor por que la especie, en la investigación mostró un alto grado de aroma característico de nogal. Además, concuerda a características organolépticas que presentan otros autores (Armijos, 2019; Vanegas y Rojas, 2018).

4.1.2 Características macroscópicas de Juglans neotropica **Diels**

Presenta anillos de crecimiento fácilmente visibles a simple vista, además, posee poros ligeramente visibles que con ayuda de una lupa de 10x mejoran su observación, la mayoría son circulares con presencia de tílides; esta especie muestra poros solitarios y a veces en contacto sólo por su pared tangencial (Múltiples radiales cortos). Su porosidad está distribuida en anillos semicircular por mostrar una disminución gradual del diámetro de los poros y con una orientación radial. Se presenta un parénquima paratraqueal unilateral y vascicéntrico, además, se observó claramente también un parénquima apotraqueal en bandas marginal, como se muestra en la Figura 7.

Figura 7.

Vista macroscópica de la muestra de xiloteca



Nota. Corte transversal de la muestra de xiloteca.

(Haygreen y Bower, 1982), citador por (Vera, Ortega, Pérez, Rosero, y Chavesta, 2011) afirman la presencia de poros al inicio del anillo de crecimiento con mayor diámetro, producidos al inicio de la estación y disminuyendo conforme se llega a la finalización del crecimeinto. De igual forma, la presencia de aglomeración del parénquima en bandas delgadas al final del anillo de crecimiento, lo que se consideraria la relacionada con la latencia a la que se somete el árbol en la finalización del crecimiento. Ademas, (Gonzales, 2008), menciona que esta especie muestra tílides, una penetración de una célula parenquimatosa axial o radial, en la cavidad de un elemento vascular a través algunos puntos, obstruyendo el lumen de manera parcial o totalmente.

En resumen, esta especie muestra sus poros con mayor tamaño en la parte inicial de los anillos de crecimiento, que conforme se alejan, reducen su diámetro. Se confirma la presencia de tílides, también de células aisladas o en bandas terminales o iniciales en una capa de

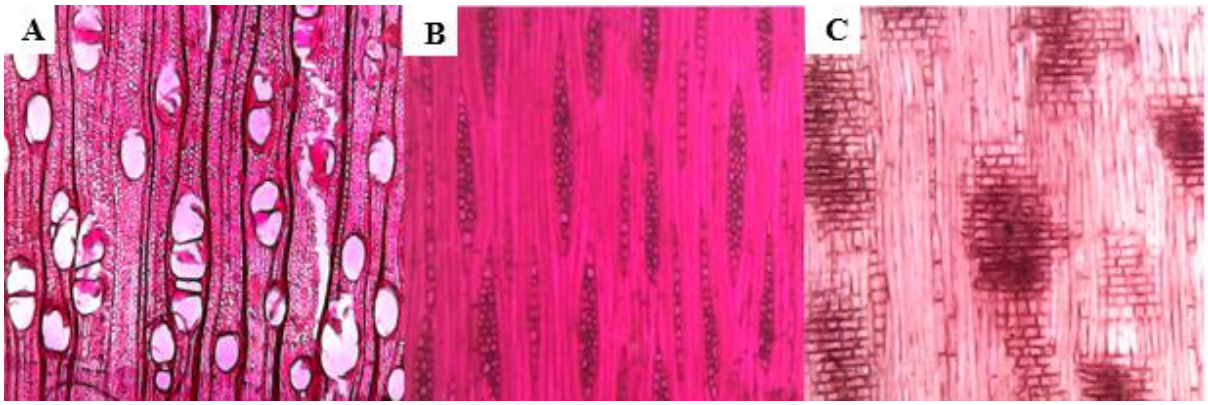
crecimiento (Parénquima marginal), y parénquima paratraqueal unilateral y vasicéntrico, concordando con los diferentes autores mencionados.

4.1.3 Características microscópicas de Juglans neotropica Diels

Esta especie presenta poros solitarios y múltiples radiales cortos, con un diámetro promedio de 218, 40 µm, una longitud de vaso promedio 177,94 µm, numerosos poros por mm^2 de alrededor de 14 unidades promedio; parénquima paratraqueal unilateral y vasicéntrico, además apotraqueal en finas bandas y marginal, radios heterogéneos uniseriado y multiseriado de tipo III de Kribs, con células procumbentes o células cuadradas. En la Figura 8 se observa las diferentes secciones.

Figura 8.

Vista microscópica de las diferentes secciones de la madera



Nota. A) Sección transversal; B) Sección tangencial; C) Sección radial.

4.2 Propiedades físicas de *Juglans neotropica* Diels

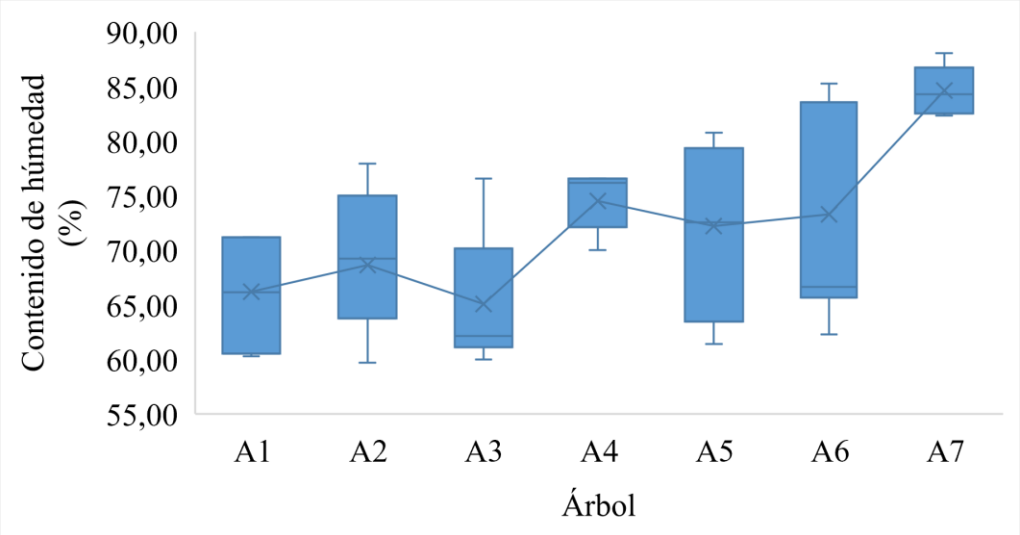
4.2.1 Contenido de humedad (CH)

Se determinó un contenido de humedad promedio del 72.08%, con un rango promedio entre 66.21% y 84.63% correspondiente a los árboles A1 y A7 respectivamente. En cuanto a los parámetros estadísticos se evidencia una desviación estándar de 6.58% que indica que los

datos están agrupados; lo que se comprueba con el coeficiente de variación de 9.13% que permite afirmar que esta variable presenta homogeneidad. En la Figura 9 se observa que los árboles 4 y 7 son los que prestaron menor dispersión; mientras que los árboles 5 y 6 son las más dispersos.

Figura 9.

Contenido de humedad de Juglans neotropica Diels



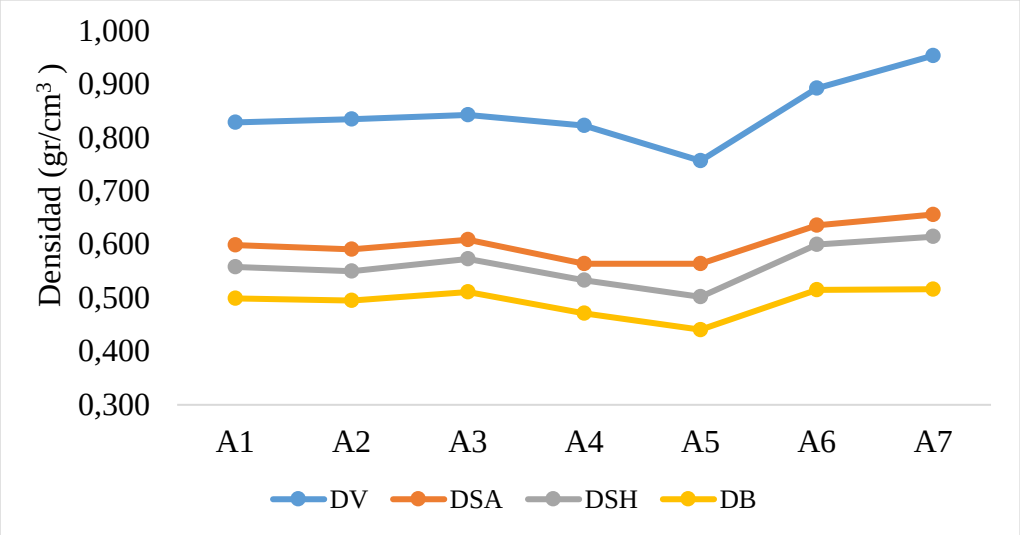
Paguay Peña (2013) de árboles obtenidos de la parroquia Quimiag, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo determinó un contenido de humedad de 53.12% valor muy inferior al registrado en la presente investigación debido probablemente a las características climática, y que la precipitación de la parroquia de Quimiag, presenta una precipitación de 500 mm y una temperatura media de 15°C; mientras que las características de la parroquia de San Roque presenta una temperatura entre 10 y 28°C y una precipitación entre 500 y 1500 mm, razón por la cual se presente un mayor contenido de humedad, sobre todo en el tejido vivo de la madera.

4.2.2 Densidad

En la Figura 10 se presentan los valores de densidades promedios por árbol, donde se observó que los valores son relativamente similares ente los árboles; sin embargo, los que presentaron los valores extremos fueron de los árboles 5 y 7 como el inferior y superior respectivamente.

Figura 10.

Densidad de Juglans neotropica Diels



En la tabla 11 se presenta los estimadores estadísticos de las cuatro densidades calculadas, donde se observa que los valores promedios de los árboles no se encuentran dispersos, y son homogéneos; cabe mencionar que el valor de la densidad en estado verde es casi el doble de la densidad básica.

Tabla 11.

Estimadores estadísticos de la densidad de Juglans neotropica Diels.

Estadístico	DV gr/cm^3	DSA gr/cm^3	DSH gr/cm^3	DB gr/cm^3
Media	0.847	0.603	0.562	0.493
Desviación estándar	0.061	0.034	0.038	0.028
Error estándar	0.023	0.013	0.015	0.010
CV	7.257	5.715	6.855	5.629

Según Vanegas y Rojas (2018) la densidad de la madera verde es de 0.69 g/cm^3, de la madera seca al aire es de 0.65 g/cm^3 y la densidad básica es de 0.52 g/cm^3. Mientras que Paguay Peña (2013) de árboles obtenidos de la parroquia Quimiag, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo determinó una densidad verde de 0.81 g/cm^3, seca al aire de 0.65 g/cm^3, seca al horno de 0.64 g/cm^3 y densidad básica de 0.61 g/cm^3.

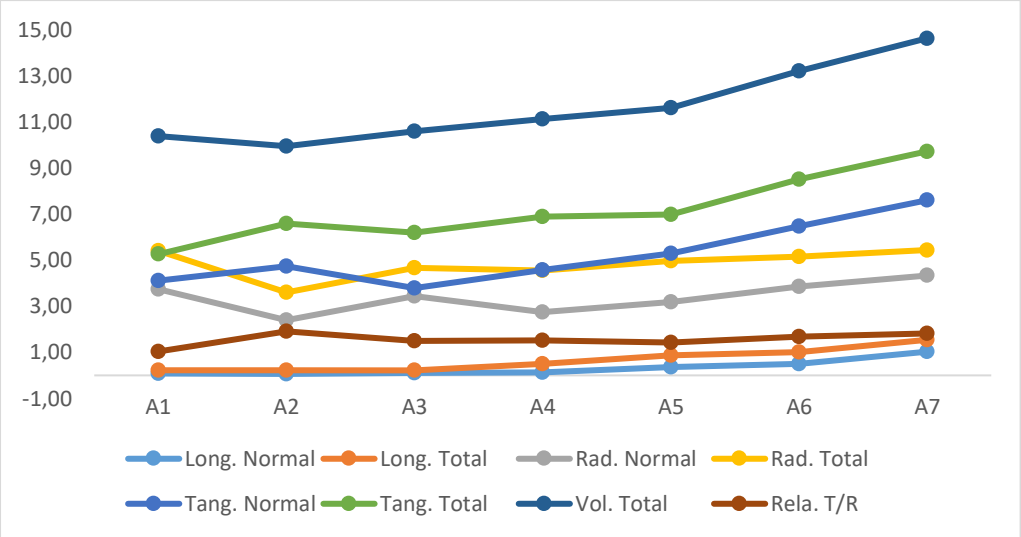
Los resultados obtenidos en la presente investigación difieren con los registrados por los autores citados, sobre todo porque la densidad básica es inferior, esto probablemente a las características climáticas, que como ya se mencionó en el contenido de humedad, al ser una precipitación mayor que en el lugar de colecta de Paguay Peña (2013), posiblemente los árboles presenten un mayor crecimiento y una menor lignificación.

4.2.3 Contracción

Las contracciones medias por árbol que se presenta en la Figura 11 son similares en la cara longitudinal, tanto en la normal como la total, y son la de menor valor; cabe mencionar que, el árbol A2, a excepción de las contracciones y la relación tangenciales/radial (T/R), es el que presentó los menores valores de contracción; por el contrario, el árbol A7 es el que presenta en todas las contracciones los mayores valores.

Figura 11.

Contracción de Juglans neotropica Diels



En la tabla 12 se presenta los estimadores estadísticos de las contracciones donde se destaca, de que, a pesar de ser, las de menores valores, las contracciones longitudinales presentan mayor heterogeneidad, en función de los coeficientes de variación; mientras que las más homogéneas son las contracciones radial total y volumétrica total; siendo a su vez las que presentaron menores dispersiones,

Tabla 12.

Estimadores estadísticos de la contracción de Juglans neotropica Diels

Estadístico	Long.		Rad.		Tang.		Vol.	Rela.
	Normal	Total	Normal	Total	Normal	Total	Total	T/R
Media	0.32	0.65	3.39	4.82	5.22	7.15	11.63	1.56
Suma	2.26	4.58	23.70	33.77	36.52	50.07	81.40	10.90
Desviación estándar	0.35	0.51	0.67	0.64	1.36	1.49	1.69	0.29
Error estándar	0.13	0.19	0.25	0.24	0.52	0.56	0.64	0.11
CV	108.83	77.52	19.68	13.19	26.15	20.85	14.55	18.63

Según la Organización Internacional de las Maderas Tropicales [OIMT] (2022) *Juglans* spp. presenta, en términos generales, una contracción total tangencial de 5.2 %, con una contracción total radial de 2.7% y una relación de estabilidad dimensiona (T/R) de 1.9 %; cabe mencionar que, el único valor coincidente es el de la contracción normal total; no obstante, la relación T/R es mejor en el presente estudio, ya que al tener un valor más cercano a uno (1.56) que la del autor citado indica una mayor estabilidad dimensional.

4.3 Propiedades de trabajabilidad

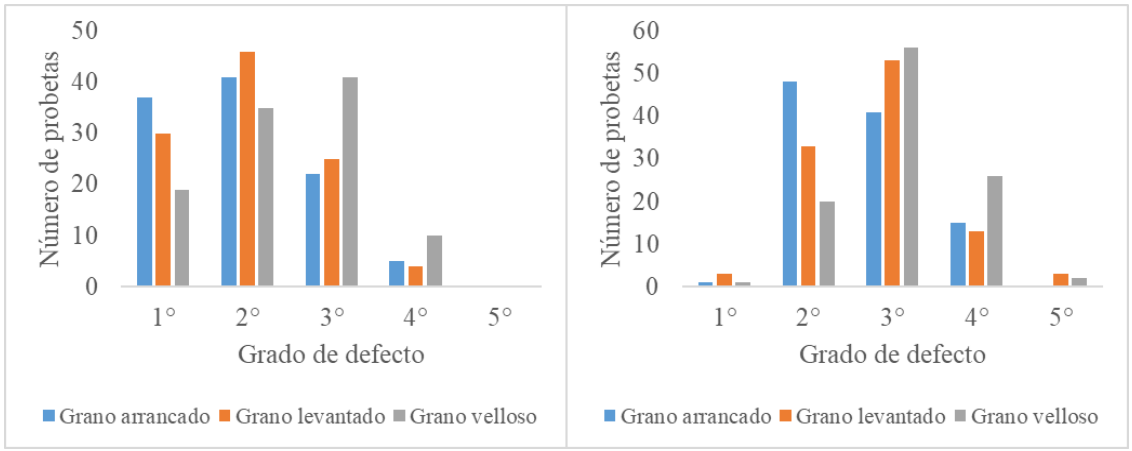
4.3.1 Cepillado

Los cortes tangencial, radial y oblicuo, obtuvo una velocidad de alimentación promedio de 9,62 m/min. Se realizó dos repeticiones a favor y en contra del grano, teniendo un resultado entre excelente a regular en su mayoría.

A favor del grano se obtuvo resultados entre excelente a regular con valores de mayor relevancia en el grado uno, dos y tres, tanto en la calificación del grano arrancado, levantado y velloso, con una efectividad de la madera buena a regular en este ensayo. Por otro lado, el cepillado en contra del grano presenta resultados similares a favor, con la diferencia pocas probetas mostraban grados de cuatro y cinco en la calificación del ensayo, indicando una efectividad regular en las diferentes orientaciones evaluadas como se muestra en la Figura 12 (Ver anexo B4).

Figura 12.

Defectos hallados en el ensayo de cepillado.



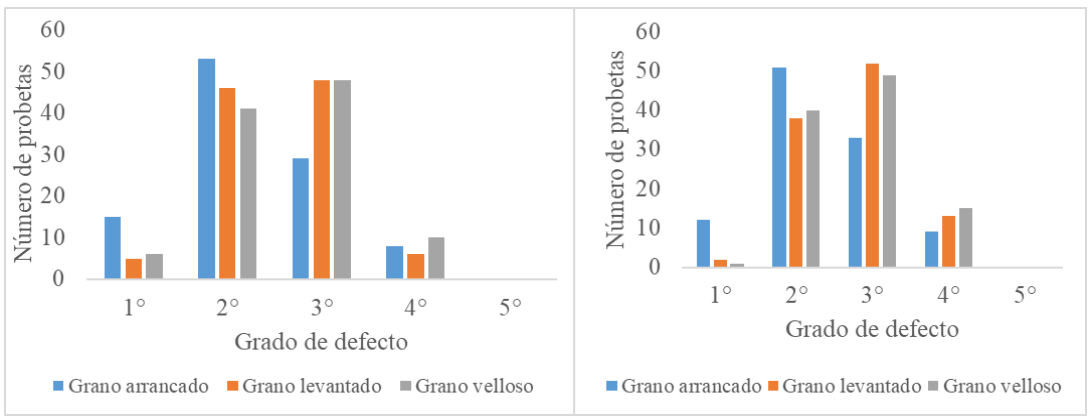
Nota. A favor y en contra del grano respectivamente.

4.3.2 Lijado

El ensayo con la lija número 60 a favor, presenta un grado dos del grano arrancado, mientras que en el grano levantado muestra un grado tres, similar al grano velloso. Por otro lado, en contra se evidencia al grano arrancado en un estado bueno (Ver anexo B5), sin embargo, el grano levantado y velloso presenta un grado de tres, por lo que su lijado muestra tener una efectividad regular en cuanto a su trabajabilidad como se muestra en la Figura 13.

Figura 13.

Defectos hallados en el ensayo de lijado (Lija número 60).

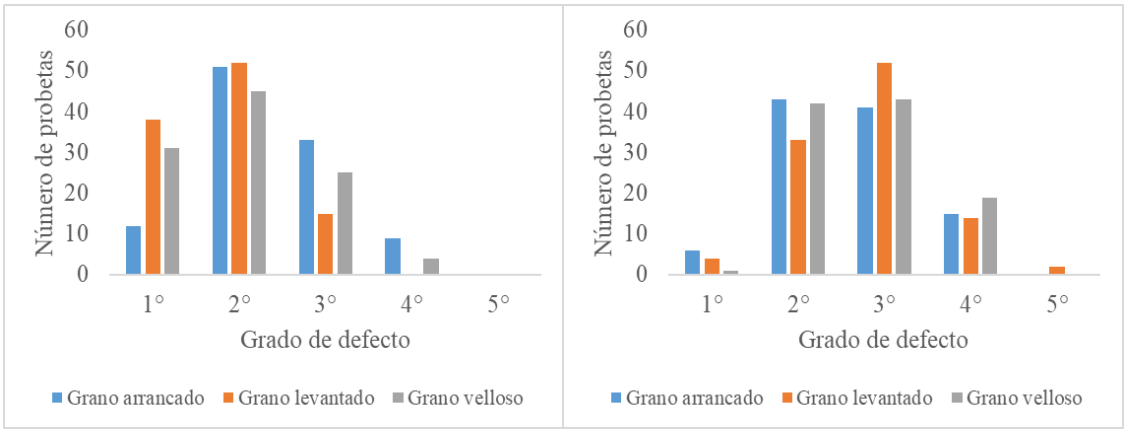


Nota. A favor y en contra del grano respectivamente.

Con respecto al ensayo aplicado con la lija número 100, mostró un resultado con una clasificación buena a favor del grano, teniendo valores con mayor representatividad en el grado dos, tanto en el grano arrancado, levantado y velloso. Mientras que, en contra del grano, presenta valores distribuidos en el grado dos, tres y cuatro, lo que evidencia una clasificación de buena a regular en su mayoría, como se muestra en la Figura 14.

Figura 14.

Defectos hallados en el ensayo de lijado (Lija número 100).



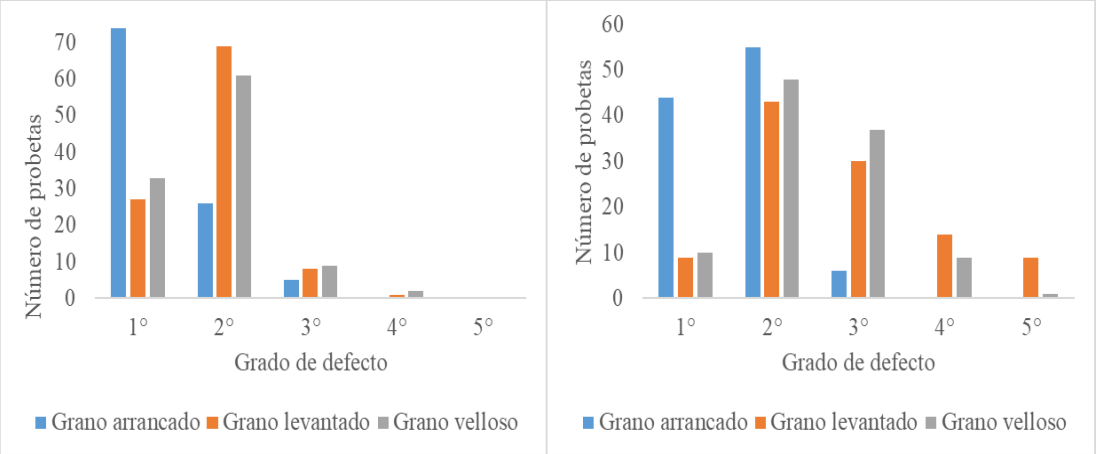
Nota. A favor y en contra del grano respectivamente.

4.3.3 Moldurado

Los resultados con respecto al ensayo realizado a favor del grano muestran mayor relevancia en grado uno para el arrancado, seguido de un grado dos en el levantado y velloso, lo que quiere decir, que tiene una efectividad de trabajabilidad excelente a buenas, sin embargo, en contra se logra observar un grado dos y tres en el grano levantado y velloso, cabe mencionar que también muestra el grano arrancado en grado uno. Por tal razón, se asume que en este proceso muestra un grado de eficacia que va de excelente a bueno. En la Figura 15 se presentan los defectos.

Figura 15.

Defectos hallados en el ensayo de moldurado.



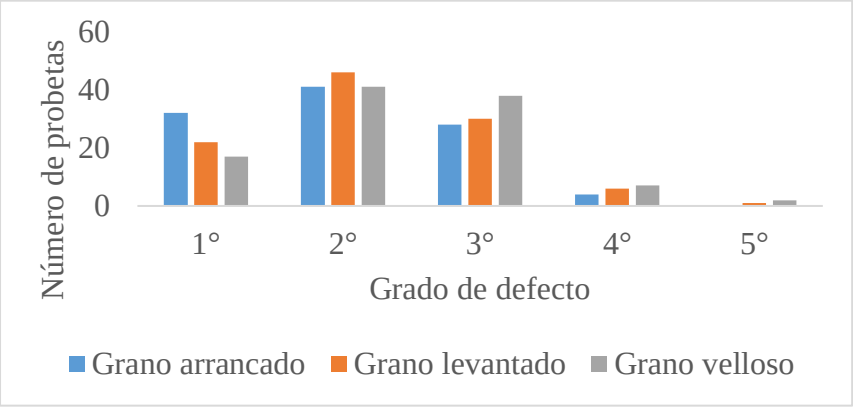
Nota. A favor y en contra del grano respectivamente.

4.3.4 Taladrado

En la Figura 16 se observa los defectos de acuerdo con la parte de orificio, tanto en la entrada como en la salida de la perforación, mostrando mayor presencia en el grano levantado y velloso, con un grado de dos a tres, además, un grano arrancado de regular a excelente. De esta manera se constató que si presenta varios defectos que van de bueno a regular.

Figura 16.

Defectos hallados en el ensayo de taladrado.

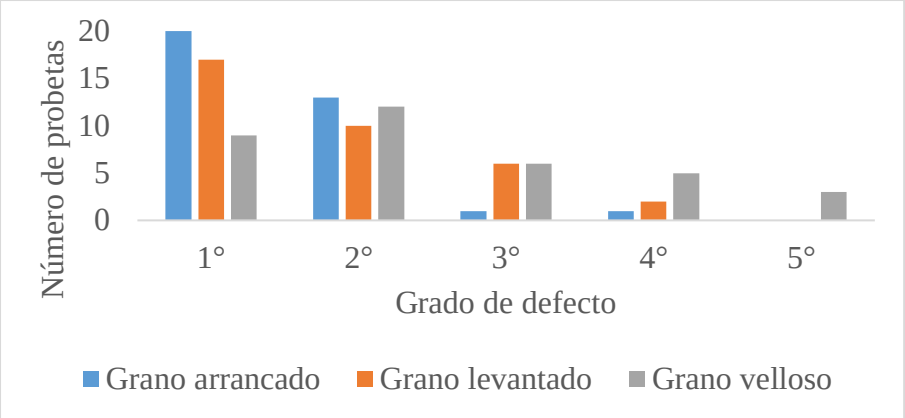


4.3.5 Torneado

En el ensayo se evaluó los defectos del torneado, teniendo como resultado un comportamiento de excelente a bueno en el grano arrancado y levantado, con respecto al grano velloso se mostró una clasificación buena. Sin embargo, es importante mencionar que, si bien el resultado en este ensayo tiene una efectividad buena, es recomendable realizar un lijado inicial con la lija 60 y posterior el uso de la lija numero 100 con el fin de eliminar de manera fácil y totalmente los defectos del proceso como se muestra en la Figura 17.

Figura 17.

Defectos hallados en el ensayo de torneado.



4.3.6 Resumen de defectos.

De manera general, lo que respecta con los defectos a favor del grano en los diferentes ensayos de trabajabilidad, se determinó que la madera de *Juglans neotropica* Diels mostró calificaciones con gran representatividad en el grado dos y con tendencia al grado tres en los diferentes tipos de grano. Mientras que, los defectos en contra del grano tienen calificaciones regulares con algo de presencia de grado 4 en los distintos tipos de granos; sin embargo, se afirma que principalmente la madera muestra una trabajabilidad buena, fácilmente de realizar

cualquier tipo de ensayo y es considerable tomar en cuenta sí la madera tiene mayor tiempo de secado en condiciones ambientales, presenta un mejor comportamiento. Lo cual concuerda con otros estudios relacionados con la trabajabilidad (Paguay, 2013; Trim y Lumber, 1999).

Castiglioni (1957), menciona que la madera es fácil de trabajar siempre que el grano sea recto y regular. El desgarro de la cepilladora a veces puede ser un problema cuando las piezas presentan grano irregular. Por su parte, la (Organización Internacional de las Maderas Tropicales [OIMT], 2023) menciona que la madera de *Juglans* spp. es de fácil cepillado y pulido.

4.3.7 Usos probables

En función de los resultados, se determinó que la madera de *Juglans neotropica* Diels tiene usos posibles, con una densidad de clase de tipo C, designado para maderas como livianas o blandas. Sus diferentes usos son contrachapados, aglomerados, en estructuras simples como paneles de corte, cerchas, diafragmas, muros portantes, revestimientos, cielos rasos, molduras y forros, puertas, ventanas, tiras, cuerdas, listones, zócalos. Asimismo, tiene una tolerancia adecuada en recubrimiento y mueblería, frente a los defectos visualizados y la respuesta de su transformación en el estudio.

Además, a juzgar por los ensayos realizados de trabajabilidad, se determinó un comportamiento que va de bueno a regular en su mayoría, tanto en el cepillado, lijado y moldurado y taladrado, en el caso del torneado, se observó un mejor comportamiento, lo que muestran maderas con densidad baja a alta, grano recto, entrecruzado a oblicuo y una dureza muy baja a media.

Se puede decir que esta especie se destaca a nivel cultural y biológico en la parroquia urbana de “San Francisco” por ser maderable de alto valor, también brindando un fruto comestible. Por lo cual, es necesario contribuir al conocimiento del árbol mencionado para su conservación y manejo en entornos urbanos (Toro y Roldán, 2018, como se citó en Valverde et al., 2023).

En la provicnica de Imbabura, el género Juglans es utilizado en asocio con diferentes especies, ademas se la utiliza en combinaciones con lechero rojo, verde, saucce en cercas vivas y linderos.(Paredes et al., 2018)

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La madera de *Juglans neotropica* Diels en cuanto al color se puede distinguir de manera sencilla entre albura y duramen, con un brillo medio a intenso, un aroma fuerte característico a nogal y sabor amargo. Se presentan visibles los anillos de crecimiento con poros que disminuye gradualmente y una orientación radial. Características que permiten identificar con facilidad la especie estudiada.
- Por sus propiedades físicas, el nogal procedente de San Roque, Antonio Ante, se clasifica como maderas livianas o blandas, con una dureza media; mientras lo que respecta a la estabilidad dimensional dada por la relación tangencial radial, se puede clasificar como una madera medianamente estable.
- En base a los ensayos de trabajabilidad, la madera tiene un buen comportamiento en la transformación del material, presentando defectos no muy severos frente a los procesos de maquinado; por lo que puede presentar acabados de calidad en diferentes trabajos en la mueblería fina, instrumentos musicales y estructuras decorativas.

5.2 Recomendaciones

- Ampliar la investigación en relación con las propiedades mecánicas y químicas, de manera que complemente los estudios tecnológicos.
- Difundir los resultados de la investigación para promover el uso posible de la madera con respecto a su transformación, utilizando la información en el conocimiento académico de estudiantes.
- Fomentar el establecimiento de plantaciones de Nogal.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, I. (1967). *Descripción anatómica, propiedades físicas y algunos usos de 25 maderas de Costa Rica*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Centro de Enseñanza e Investigación Turrialba.

Aguilar, J., & Guzowski, E. (2011). *Materiales y materia prima.* Buenos Aires: Ministerio de Educación.

AMERICAN SOCIETU FOR TESTIN AND MATERIALS [ASTM]. (1992). *Annual book of ASTM standars*. Construction section 04 wood. Philadelphia.

Amoroso, M., & Suarez, M. L. (2015). *La aplicación del análisis de los anillos de crecimiento a interrogantes ecológicos: Un breve repaso de la Dendroecología en Hispanoamérica.* Ecosistemas: revista científica y técnica de ecología y medio ambiente, 24(2), 1–6. https://doi.org/10.7818/ecos.2015.24-2.01.

Armijos, A. (2019). *"EVALUACIÓN ANATÓMICA DE 50 ESPECIES FORESTALES EN EL SUR DEL ECUADOR".* Universidad Nacional de Loja, Loja.

Armijos, A., Alvarado, J., Quito, J., León, T., & Guamán, L. (2017). *Anatomía de la madera de diez especies forestalesde bosque andino del sur del Ecuador*. CEDAMAZ, 83-95.

Ávila, G., & Herrera, J. (1990). *Juglans neotrópica.* Bogotá: GUADALUPE LTDA.

Baluarte-Vásquez, J. R., & Aróstegui-Vargas, A. (1991). *USOS PROBABLES DE LAS MADERAS DE 20 ESPECIESDEL DEPARTAMENTO DE LORETO*. FOLIA AMAZONICA IIAP, 3.

Barañao, J., Peñón, E., Craig, E., Cucciufo, E., & De Falco, P. (2008). *Manual para la identificación de maderas con aumentos de hasta 10x.* Argentina: Universidad Nacional de Luján.

Berger, T. M., & Suirezs, G. (2009). *Descripciones de las propiedades físicas y mecánicas de la madera.* Cuaderno de Cátedra.

Briceño-J, A. M., Rangel-Ch, J. O., & Marys Bogino, S. (2018). *Wood anatomy and annuity of three rings of species of the dry forest in the Caribbean of Colombia.* Polibotanica, 0(46). https://doi.org/10.18387/polibotanica.46.10.

Cardoso, A., Cagno, M., Cárdeas, P., & Gatto, F. (2013). *Contracción, hinchamiento y peso específico aparente de madera de eucalipto colorado (Eucalyptus tereticornis Smith)*. Innotec, (8), 5-12.

Cartuche, K. M. (2022). *Caracterización de la madera de 95 especies forestales del sur del Ecuador con base a sus propiedades fisicas, organolépticas y anatómicas.* Universidad Nacional de Loja, Loja.

Castiglioni, J. A. (1957). *EL DISEÑO DE LAS MADERAS*. Revista de Investigaciones Forestales, 21-44.

Chavesta, M. (2012). *Separata de capacitación sobre identificación de la madera.* La Molina. Perú.

Chavesta, M. (2012). *Separata de capacitación sobre identificación de maderas.* Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

COA. (2017). *Código Orgánico del Ambiente.*

Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT). (1972). *Maderas - Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos (459, 460, 461)*.

Constirtución de la República del Ecuador. (2008). *Constirtución de la República del Ecuador.* Montecristi .

Diéguez, J. (1997). *Acabados de la madera. Duración al exterior y temperatura de transición vítrea.* AITM.

Egües, A. (2021). *Caracterización anatómica de la madera y dendrocronología de Juglans neotropica Diels de áreas ribereñas de la Provincia de Chachapoyas, Amazonas.* Repositorio Institucional UNALM.

Estrada, W. (1997). *Manual para la producción de NOGAL.* Quito: EDI-U.

Flores, S. C., & & Muñoz, C. D. (1989). *Determinación de los usos posibles de Alnus acuminata H.B.K; en base al estudio de las propiedades físico-mecánicas y de trabajabilidad.* Ibarra .

Giménez, A. M., Moglia, J. G., Hernández, P., & Gerez, R. (2000). *ANATOMÍA DE LA MADERA.* Facultad de Ciencias Forestales UNSE.

Gobierno autónomo Descentralizado de Antonio Ante. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.* Provincia de Imbabura.

Gómez, E., & Ramírez, M. (2006). *Análisis y estudio del contenido de humedad final de la madera* . Universidad del Bío-Bío, Concepción-Chile.

Gonzales, E. (2008). *Identificación organoléptica y macroscopica de maderas comerciales.* Lima: CITEmadera.

González, H. (2019). *Identificación de madera por máquina de visión: Xilotrón.* Universidad Nacional Agraria .

Hidalgo, L., & Vallencilla, O. (1987). *Construcción de un Dinamometro para medir fuerzas de corte en la operación de Taladrado*. Corporación Universitaria Autónoma de Occidente Programa de Ingenieria Mecánica.

Higueras, Z. N. (2018). *Estudio de las características de maquinado de la madera de ciprés (cupressus sp), proveniente de la provincia Cercado, departamento de Tarija.* Bolivia: Universidad Juan Misael Saracho.

Iannamico, L. (2015). *Cultivo del Nogal.* INTA.

INEN. (2011). *SISTEMA DE CLASIFICACIÓN Y CALIFICACIÓN DE MADERA ASERRADA PROVENIENTE DE BOSQUES HÚMEDOS TROPICALES.* Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

INEN. (2012). *MADERAS. MÉTODO PARA LA DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES MACROSCOPICAS Y MICROSCÓPICAS.* Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

INEN. (2013). *Anatomía de la madera. Terminología.* Quito: Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización .

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI]. (2017). *Estudio de Impacto Ambiental de una Línea de Transmisión en 500 kV entre Ecuador – Perú.*

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA]. (2017). *Propiedades de la madra.* Ministerio de Agroindustria Presidencia de la Nación .

International Association of Wood Anatomists [IAWA]. (2007). *LIST OF MICROSCOPIC FEATURES FOR HARDWOOD IDENTIFICATION*. Leiden, Netherlands.

Jhonson, A. A. (1990). *Secado de la madera.* SENA.

Jiménez, J. d. (2011). *Influencia de la humedad de la madera en la evaluación de las.* UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.

Junta del acuerdo de Cartagena [JUNAC]. (1984). *Manual de diseño para maderas del grupo andino.* Lima. Perú: Carvajal S.A.

Kollmann, F. F., Kuenzi, E. W., & Stamm, A. J. (1975). *Principles of Wood Science and Technology* (Vol. Vol. II: Wood Based Materials). New York: Springer-Verlag.

Kollmann, F., & Cote, W. (1968). *Principles of Wood Science and Technology.* Vol. I: Solid Wood. Springer Verlag. New York.

León, W. (2010). *Anatomía y densidad o peso específico de la madera.* Revista Forestal Venezolana.

Mediavilla, F. (2016). *Propiedades físicas, químicas y de trabajabilidad de la madera de alnus nepalensis d. don en Intag, zona Andina del Ecuador.* Universidad Técnica del Norte, Ibarra.

Meier, E. (2017). *Peruvian Walnut. The Wood Database (Hardwood)*. Recuperado de https://www.wood-database.com/peruvian-walnut/.

Meneses, O. S. (2013). *Identificación de usos probables de PINUS PATULA SCHILECT.ET CHAM Con base en la determinación de las propiedades fisico-mecánicas y de trabajabilidad de ,a madera en Iltaqui- Cotacachi- Imbabura.* Ibarra: Universidad Técnica del Norte.

Munsell. (1975). *Standard soil color charts*.

Nieto, V. M., & Rodriguez, J. (2002). *Juglans neotropica Diels.* Corporación Nacional de Investigación of Forestal Sanafé de Bogotá, Colombia .

Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC]. (2014). *ESTRUCTURAS DE LA MADERA.*

Ordoñez Candelaria, V., & Dávalos Sotelo, R. (1996). *Ajuste de las propiedades mecánicas de la madera estructural por cambios del contenido de humedad.* Maderas y Bosques, 2(2), 43-51.

Organización Internacional de las Maderas Tropicales [OIMT]. (2023). *Nogal tropical (Juglans spp)*. Recuperado de http://www.tropicaltimber.info/specie/nogal-tropical-juglans-spp/#lower-content.

Paguay, I. (2013). *Determinación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de tres Especies Forestales Andinas: Platuqueo (Styloceras sp), Yagual (Polylepis racemosa), Nogal (Juglans neotropica).* Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba.

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

Pazos, G. B., & Sotelo, R. D. (1999). I*mportancia de la lignina en las contracciones de la madera*. Madera y Bosques, 5(1), 13-26.

Pettineli, C., & G., A. (1994). *CONVERSIÓN DE DENSIDADES DE LA MADERA.* Departamento Tecnología de la Madera, Facultades de Ciencias Agrarias y Forestales Universidad de Chile .

Puertas, P., Guevara, C., & Espinoza, M. (2013). *Manual de transformación de la madera* . Obtenido de AIDER.

Rojas-Rodríguez, F., & Torres-Córdoba, G. (2012). *Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción Nogal.* Revista Forestal Mesoamericana Kurú.

Salvo, L., & Perez, N. (2013). *Propiedades Físicas de la Madera.* Ciencia y Tecnología de la Madera; Universidad del Bío-Bío.

Secretaría Nacional de Planificación. (2021). *Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025.* Quito-Ecuador.

Suirezs, T., & Berger, G. (2009). *Descripciones de las propiedades físicas y mecánicas de la madera.* San luis. Argentina: Editorial Universitaria de la Universidad Nacional de Misiones.

Trim, A., & Lumber. (1999). *Need just a board: Peruvian walnut*. Recuperado de https://www.advantagelumber.com/peruwalnut.htm

Universidad Tecnica del Norte. (2020). *Dirección de investigación.* Recuperado de https://www.utn.edu.ec/direccion/

Urrego, D. F., Pérez-Lara, M. C., Polanco, C. A., & Pérez-Poveda, M. V. (2012). *Control de aprovechamiento ilegal de flora a partir de la anatomía de siete especies maderables en estado de amenaza*. Revista Criminalidad, 54(1), 259-281.

Valverde, D., Carvajal, J., Valencia, X., Rosero, E., & Flores, J. (2023). *Rol de juglans neotropica Diels en la silvicultura urbana en la parroquia San Francisco del cantón Ibarra, provincia Imbabura.* Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(1).

Vanegas, E. T., & Rojas, I. C. (2018). *Estado del arte, propagación y conservación de Juglans neotropica Diels; en zonas andinas.* Madera y Bosques.

Veintimilla, R. (2020). *Potencial de mejoramiento genético en Juglans neotropica Diels, a los 10 meses de edad en Tunshi, Chimborazo.* Knowledge E.

Velasco, M., Rosa, B. D., Villalba, M., & Velásquez, F. (2012). *TRABAJABILIDAD DE LA MADERA DE Pinus oaxacana Mirov. PROVENIENTE DE UNA PLANTACIÓN EN EL ESTADO DE MÉXICO.* Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente.

Vera, A., Ortega, D., Pérez, P., Rosero, J., & Chavesta, M. (2011). *Avances en la caracterización e identificación anatómica de los anillos de crecimiento de la especie Junglans neotropica Diels (Nogal) para estudios dentrocronológicos en el fundo La Génova, Junín (Perú)*. XILEMA, 24(1), 5-11.

Wilhelm, F. (1971). *Para tornear madera.* Buenos Aires: Kapeluz.

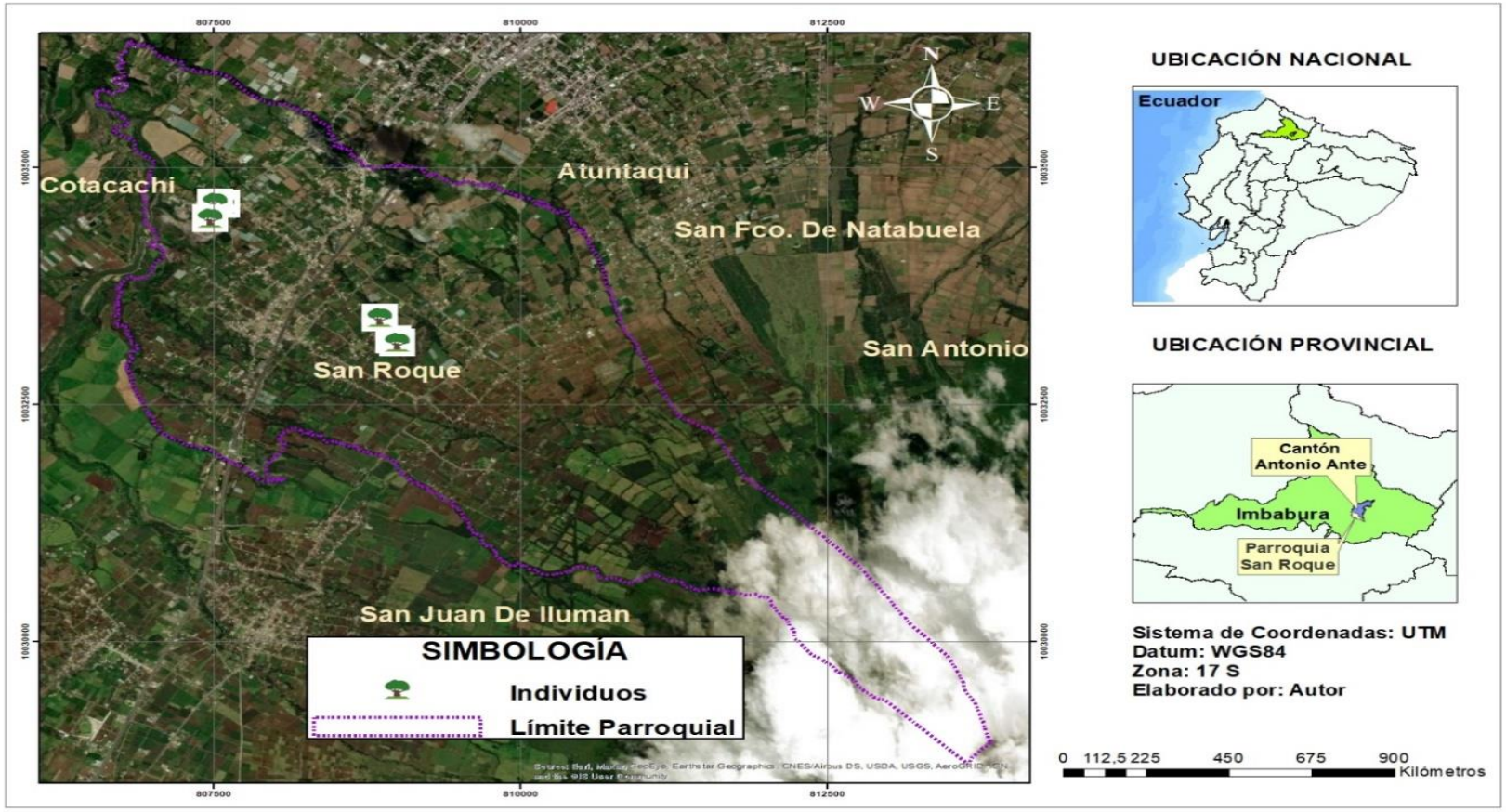
Winandy, J. E. (1994). *Wood properties*. USDA-Forest Service, Forest Products Laboratory(4), 459-561.

CAPITULO VII

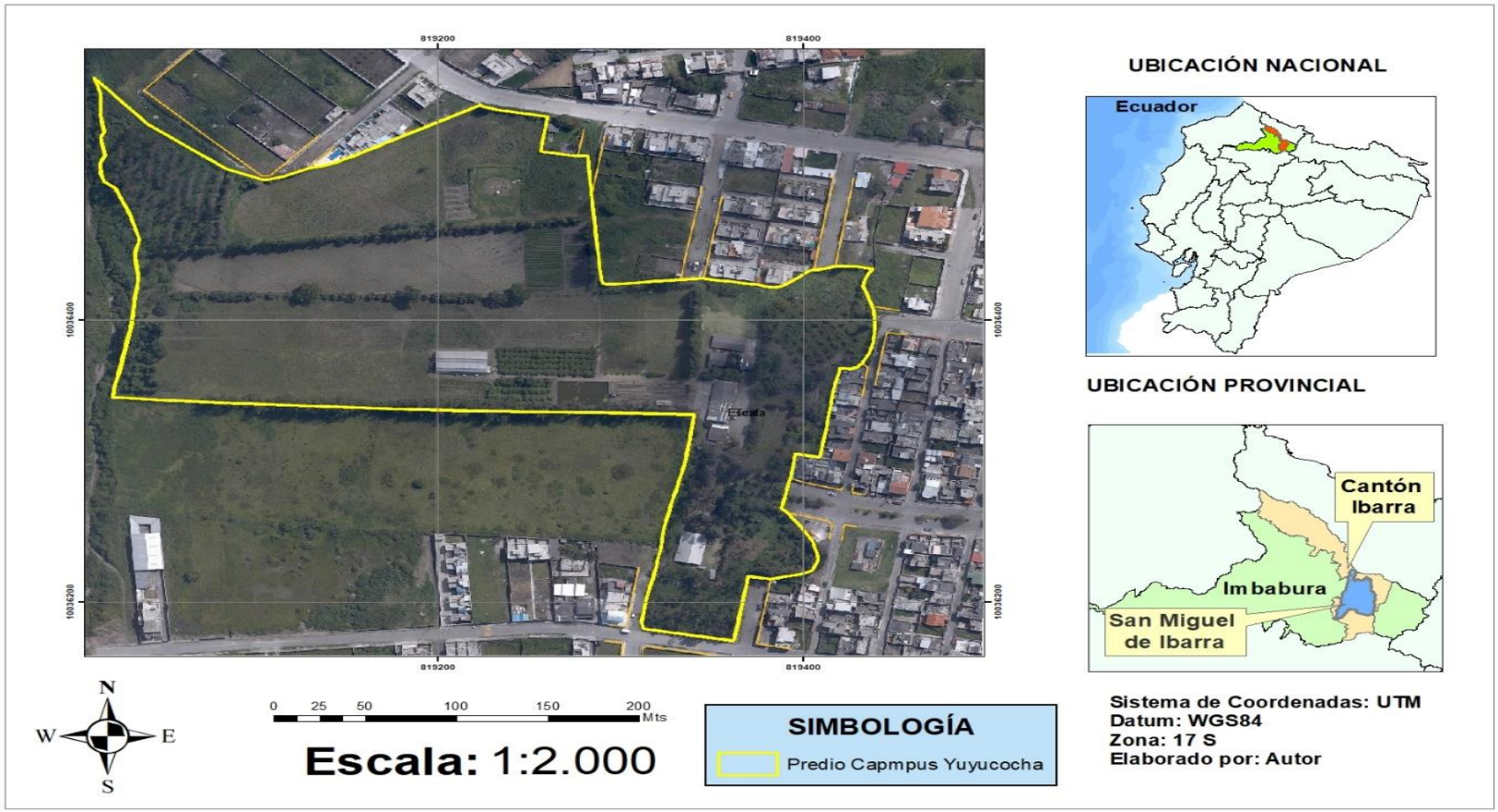
ANEXOS

Anexo A: Mapas

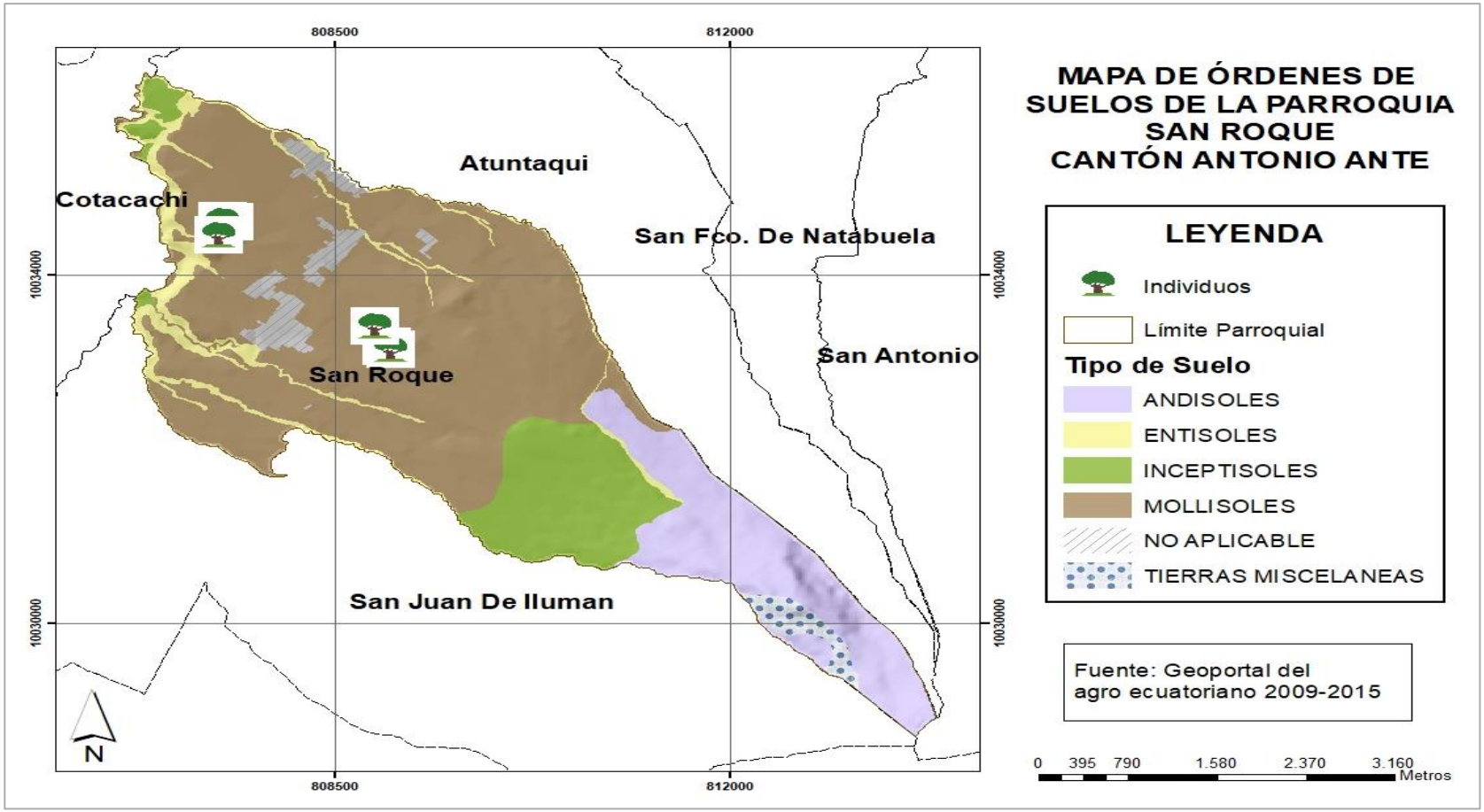
Anexo A1: Mapa de ubicación del área de estudio



Anexo A2: Mapa de ubicación del campus “Yuyucocha”



Anexo A3: Suelos de la parroquia de San Roque, Antonio Ante.



Anexo B: Tablas

Propiedades físicas

Anexo B1: Estadística descriptica del contenido de humedad (CH)

Estimador estadístico	Unidad	Media	Suma	Desviación estándar	Error estándar	CV		
Contenido de humedad	**SA**	**%**	55,34	387,35	5,77	2,18	10,42
	SH	**%**	72,08	504,58	6,58	2,49	9,13

Anexo B2: Estadística descriptiva de la densidad

Estimador estadístico		Unidad	Media	Suma	Desviación estándar	Error estándar	CV
Densidad	**Verde**	**gr/cm^3**	0,85	5,93	0,06	0,02	7,26
	Seca al aire	**gr/cm^3**	0,60	4,19	0,04	0,02	6,91
	Seca al horno	**gr/cm^3**	0,56	3,93	0,04	0,01	6,85
	Básica	**gr/cm^3**	0,49	3,45	0,03	0,01	5,63

Anexo B3: Estadística descriptiva de la contracción

Estimador estadístico		Unidad	Media	Suma	Desviación estándar	Error estándar	CV
Contracción %	**Longitudinal**	**Normal**	0,32	2,26	0,35	0,13	108,83
		Total	0,65	4,58	0,51	0,19	77,52
	Radial	**Normal**	3,39	23,70	0,67	0,25	19,68
		Total	4,82	33,77	0,64	0,24	13,19
	Tangencial	**Normal**	5,22	36,52	1,36	0,52	26,15
		Total	7,15	50,07	1,49	0,56	20,85
	Volumétrica	**Total**	11,63	81,40	1,69	0,64	14,55
	Relación	**T/R**	1,56	10,90	0,29	0,11	18,63

Propiedades de trabajabilidad

Anexo B4: Resultado general del ensayo de cepillado

Ensayo	Defectos	Grano Arrancado	Grano Levantado	Grano Velloso	Total
	Grado 1	38	33	20	91
	Grado 2	89	79	55	223
Cepillado	**Grado 3**	63	78	97	238
	Grado 4	20	17	36	73
	Grado 5	0	3	2	5

Anexo B5: Resultado general del ensayo de lijado #60

Ensayo	Defectos	Grano Arrancado	Grano Levantado	Grano Velloso	Total
	Grado 1	27	7	7	41
	Grado 2	104	84	81	269
Lijado	**Grado 3**	62	100	97	259
	Grado 4	17	19	25	61
	Grado 5	0	0	0	0

Anexo B6: Resultado general del ensayo de lijado #100

Ensayo	Defectos	Grano Arrancado	Grano Levantado	Grano Velloso	Total
	Grado 1	18	42	32	92
	Grado 2	94	85	87	266
Lijado	**Grado 3**	74	67	68	209
	Grado 4	24	14	23	61
	Grado 5	0	2	0	2

Anexo B7: Resultado general del ensayo de moldurado

Ensayo	Defectos	Grano Arrancado	Grano Levantado	Grano Velloso	Total
	Grado 1	118	36	43	197
	Grado 2	81	112	109	302
Moldurado	**Grado 3**	11	38	46	95
	Grado 4	0	15	11	26
	Grado 5	0	9	1	10

Anexo B8: Resultado general del ensayo de taladrado

Ensayo	Defectos	Grano Arrancado	Grano Levantado	Grano Velloso	Total
	Grado 1	32	22	17	71
	Grado 2	41	46	41	128
Taladrado	**Grado 3**	28	30	38	96
	Grado 4	4	6	7	17
	Grado 5	0	1	2	3

Anexo B9: Resultado general del ensayo de torneado

Ensayo	Defectos	Grano Arrancado	Grano Levantado	Grano Velloso	Total
	Grado 1	20	17	9	46
	Grado 2	13	10	12	35
Torneado	**Grado 3**	1	6	6	13
	Grado 4	1	2	5	8
	Grado 5	0	0	3	3

Anexo C: Registros fotográficos

Anexo C1: Obtención del material para los ensayos.



Figura 18. Selección de individuos



Figura 19. Dimensionado de trozas



Figura 20. Escuadrado de trozas



Figura 21. Ubicación del material para los ensayos

Anexo C2: Características anatómicas



Figura 22. Corte de láminas para las secciones



Figura 23. Lavado de láminas



Figura 24. Montaje de placas



Figura 25. Observación de placas

Anexo C3: Propiedades físicas



Figura 26. Codificación de probetas



Figura 27. Toma del peso de probetas



Figura 28. Secado de las probetas en el horno



Figura 29. Evaluación de las probetas

Anexo C3: Propiedades de trabajabilidad



Figura 30. Ensayo de cepillado



Figura 31. Ensayo de moldurado



Figura 32. Ensayo de lijado



Figura 33. Evaluación de los ensayos

Anexo C4: Caracterización de los individuos

	Individuo: 1 DAP: 38,83 cm Altura: 14,25 m
	Individuo: 2 DAP:33,10 cm Altura:12,50 m
	Individuo: 3 DAP: 35,40 cm Altura: 13,60 m
	Individuo: 4 DAP:40,74 cm Altura: 14 m
	Individuo: 5 DAP: 32,78 cm Altura: 12 m
	Individuo: 6 DAP: 36,62 cm Altura: 13 m
	Individuo: 7 DAP: 37,80 cm Altura: 13,50 m