



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2024,
Volumen 8, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1

**PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA MADERA
DE NOGAL, JUGLANS NEOTROPICA DIELS,
EN LA PROVINCIA CARCHI, ECUADOR**

**TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF WALNUT WOOD,
JUGLANS NEOTROPICA DIELS, IN THE CARCHI
PROVINCE, ECUADOR**

Evelyn Larissa Villota Guerron

Colegio de Ingenieros Forestales de Imbabura, Ecuador

Edwin Guillermo Rosero Chamorro

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, Ecuador

Evelyn Alexandra Farias Mejía

Colegio de Ingenieros Forestales de Imbabura, Ecuador

Xavier Germán Valencia Valenzuela

Colegio de Ingenieros Forestales de Imbabura, Ecuador

José Gabriel Carvajal Benavides

Universidad Técnica del Norte, Ecuador

Steeven Marcell Benalcázar Villalba

Colegio de Ingenieros Forestales de Imbabura, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9549

Propiedades Tecnológicas de la Madera de Nogal *Juglans Neotropica* Diels, en la Provincia Carchi Ecuador

Evelyn Larissa Villota Guerrero¹

evelynlarissavillotaguerron19@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-2371-8203>

Colegio de Ingenieros Forestales de Imbabura
Ibarra - Ecuador

Edwin Guillermo Rosero Chamorro

egrosero@utn.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-2341-7277>

Ministerio del Ambiente
Agua y Transición Ecológica
Ibarra – Ecuador

Evelyn Alexandra Farias Mejía

eafariasm@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-7885-5529>

Colegio de Ingenieros Forestales de Imbabura
Ibarra – Ecuador

Xavier Germán Valencia Valenzuela

xgvalenciav@utn.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-3209-9581>

Colegio de Ingenieros Forestales de Imbabura
Ibarra – Ecuador

José Gabriel Carvajal Benavides

jgcarvajalb@utn.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-9920-4991>

Universidad Técnica del Norte
Ibarra – Ecuador

Steeven Marcell Benalcázar Villalba

steeven.bv682@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-0695-9502>

Colegio de Ingenieros Forestales de Imbabura
Ibarra – Ecuador

RESUMEN

El Nogal (*Juglans neotropica* Diels), es una especie nativa muy apreciada en el sector forestal, debido a su coloración y fácil trabajabilidad, por lo que es utilizada para mueblería, artesanías, revestimientos decorativos, entre otros. El objetivo de la investigación fue: Determinar las propiedades tecnológicas de la madera de *Juglans neotropica* Diels, procedentes de la provincia del Carchi, Ecuador. El estudio se realizó en el Campus Yuyucocha de la Universidad Técnica del Norte, en la ciudad de Ibarra. La metodología presenta un enfoque cuantitativo con paradigma positivista y tipo de investigación descriptiva y de campo; además se empleó un diseño no experimental fundamentado en la descripción de características organolépticas, macro anatómicas, micro anatómicas y propiedades de trabajabilidad de la madera; través de un muestreo simple por conveniencia se seleccionó 7 árboles de Nogal en los cantones San Pedro de Huaca y Tulcán de la provincia del Carchi, y se extrajo 49 probetas para propiedades físicas y 105 para ensayos de trabajabilidad; para los ensayos de la investigación se utilizó la metodología descrita en las normas COPANT, NTE-INEN y ASTM. Como resultado se obtuvo un contenido de humedad del 78,92%, densidad básica de 0,42 gr/cm³, contracción volumétrica de 14,16% y una relación Tangencial/Radial del 0,80%. En conclusión “*Juglans neotropica* Diels” frente a los procesos de transformación tiene buen comportamiento, catalogándose como una madera destinada para realizar trabajos de mueblería fina y decorativa.

Palabras claves: nogal, madera, densidad, trabajabilidad, propiedades

¹ Autor principal

Correspondencia: evelynlarissavillotaguerron19@gmail.com

Technological Properties of Walnut Wood *Juglans Neotropica* Diels, in the Carchi Province Ecuador

ABSTRACT

Nogal (*Juglans neotropica* Diels), is a native species highly appreciated in the forestry sector, due to its color and easy workability, which is why it is used for furniture, crafts, decorative coatings, among others. The objective of the research was: Determine the technological properties of *Juglans neotropica* Diels wood, from the province of Carchi, Ecuador. The study was carried out at the Yuyucocha Campus of the Universidad Técnica del Norte, in the city of Ibarra. The methodology presents a quantitative approach with a positivist paradigm and a descriptive and field type of research; In addition, a non-experimental design was used based on the description of organoleptic, macro-anatomical, micro-anatomical characteristics and workability properties of the wood; Through simple convenience sampling, 7 walnut trees were selected in the cantons of San Pedro de Huaca and Tulcán in the province of Carchi, and 49 specimens were extracted for physical properties and 105 for workability tests; For the research tests, the methodology described in the COPANT, NTE-INEN and ASTM standards was used. As a result, a moisture content of 78.92%, basic density of 0.42 gr/cm³, volumetric contraction of 14.16% and a Tangential/Radial ratio of 0.80% were obtained. In conclusion, “*Juglans neotropica* Diels” behaves well in the face of transformation processes, being classified as a wood intended for fine and decorative furniture work.

Keywords: nogal, wood, density, workability, properties

*Artículo recibido 20 diciembre 2023
Aceptado para publicación: 22 enero 2024*

INTRODUCCIÓN

En países desarrollados, es requisito indispensable clasificar las maderas de acuerdo con las propiedades físicas y mecánicas, para brindar una óptima utilización (Echenique & Robles, 1993). Peralta (2022) expone que “*La madera es uno de los materiales más usados y demandados por el ser humano*”. Por tal motivo, es preciso mencionar que las propiedades de la madera varían de acuerdo a condiciones edáficas, climáticas, y manejo silvicultural (Vázquez *et al*, 2015). Es así, como la comprensión de estas propiedades contribuye al aprovechamiento sostenible del bosque Quema (2015); citado por Mediavilla (2016). Díaz (2005) exhibe que las propiedades físicas proporcionan mejor comprensión sobre el comportamiento de la madera en diferentes usos. En la actualidad, el mercado exige maderas uniformes y de gran calidad; en este ámbito, es necesario profundizar estudios sobre propiedades, estructura micro y macroscópica de *Juglans neotropica* Diels, puesto que cada especie posee características únicas (Cresppo, 2012).

Vignote, Martínez y Villasante (2013) exponen que la edad del árbol influencia en la calidad de la madera, ya que a mayor edad se amplifica la probabilidad que ocurran alteraciones biológicas, como la pudrición de la troza y alistados en la madera u otras alteraciones en el fuste; fallo estético en los procesos de acabado; disminución de la resistencia mecánica, que son característicos de un árbol maduro, y que, a la vejez produce falta de fortaleza y aumentan los riesgos. Según Fjellstrom y Parfitt (1995) expresan que las especies que conforman la familia Juglandaceae han evolucionado aproximadamente desde hace 56 millones de años y se encuentran distribuidas por el mundo. *Juglans neotropica* Diels, fue descubierta en 1906 por el botánico Alemán Friedrich Ludwig Emil Diels, además, es reconocida como *Juglans equatoriensis*, *J. honorei*, *J. granatensis*, *J. andina* y *J. columbiensis* (Manning, 1960), citado por Toro y Roldan (2018). Es originaria de América del Sur, donde crece en bosques secos y húmedos de montaña baja, a una altitud de 1.800-2.800 m.s.n.m. Desde 1990 no se tiene una recopilación de sus avances tecnológicos en sus usos” (Toro & Rojas, 2018).

El propósito del estudio fue recopilar elementos necesarios para determinar el comportamiento físico, anatómico y niveles de trabajabilidad de la madera de *Juglans neotropica* Diels; con el fin de conocer si sus propiedades cambian a través del tiempo y si se afecta la calidad de la madera. Ecuador es un país muy diverso en recursos forestales, pero se necesita varios estudios para comprender las propiedades

de la madera, lo que limita su gran variedad de usos (Paguay, 2013).

La madera de *Juglans neotropica* Diels es apetecida por su coloración, se utiliza para elaboración de muebles finos; por ser una madera medianamente pesada se usa para revestimientos decorativos, entre otros. Estos usos se dan a la madera, manteniendo una correcta orientación y adecuado empleo para su terminado (Barreto & Herrera, 1990). Según Valverde et al. (2023), el Nogal es un árbol nativo presente en el arbolado urbano y se destaca a nivel cultural y biológico por ser un árbol maderable de alto valor y poseer un fruto comestible muy apetitoso. Así también, Mugmal et al. (2023) exponen que el Bosque Protector de Guayabillas de la ciudad de Ibarra posee alta diversidad forestal y entre las especies se encuentran algunos individuos de Nogal (*Juglans neotropica* Diels). Es importante mencionar que en el Campus Yuyucocha de la UTN en la ciudad de Ibarra existen ensayos científicos de la especie Nogal (*Juglans neotropica* Diels), ya que esta especie es muy apreciada debido al color y veteado que posee (Enriquez et al., 2023); así también, Carvajal et al. (2023) exponen que en el Campus Yuyucocha registraron 76 árboles de Nogal en un inventario forestal, y obtuvieron un factor de forma de Smalian: 0.920 y Newton: 0.945. Según datos obtenidos por Villota (2023) en un ensayo realizado en el Campus Yuyucocha con la especie forestal Nogal, obtuvo un contenido de Humedad del 78.92%.

En la actualidad, el uso de la madera de Nogal se da de manera ancestral y tradicional por parte de carpinteros y artesanos, se destaca el tallado, pero, no se tiene un conocimiento adecuado que permita establecer otras formas de uso. Al determinar las características tecnológicas de esta especie permitirá mejorar el conocimiento de la potencialidad que tiene y generar nuevos usos. Monteoliva y Igartúa (2010) mencionan que *“La caracterización tecnológica de la madera es muy variable debido a muchos factores entre ellos la edad, y sus interrelaciones en el ecosistema; la variabilidad también se manifiesta dentro de un mismo árbol”*. El grado de variación producido dentro de un mismo árbol es un factor significativo, no solo desde el punto de vista anatómico, sino que marca diferencias en la densidad y resistencia en la utilización de la madera. (p10) (Sibille, 2006). *Juglans neotropica* Diels es una especie nativa muy apetecida por artesanos, aserraderos y madereros de la provincia del Carchi, sin embargo, se requiere información técnica para mejorar todos los procesos de transformación de la madera y que estén orientados a optimizar el uso a través del estudio de las características anatómicas, físicas y de trabajabilidad de esta especie.

La presente investigación tiene como fin valorar las propiedades físicas, anatómicas y trabajabilidad de *Juglans neotropica* Diels, a fin de conocer sus potenciales usos y el reconocimiento de los mercados como lo expresa Urrego et al. (2012). La información técnica respaldará la importancia y el uso de la especie en base al conocimiento de la tecnología de la madera; ello, permitirá valorar potencialidades que puede brindar *Juglans neotropica* Diels. Además, la investigación servirá como guía para la observación de características anatómicas, basada en la descripción de características micro y macroscópicas, que facilitará la identificación y estudio de la especie; así, se puede generar información que permita aportar al conocimiento académico de estudiantes y docentes investigadores en ciencias forestales, a partir de los resultados que se generen con la evaluación de las propiedades y trabajabilidad de la madera de *Juglans neotropica* Diels.

METODOLOGÍA

El enfoque metodológico del presente estudio es cuantitativo, y el tipo de investigación es descriptiva, ya que se realizó la descripción de las características organolépticas, macroanatómicas, microanatómicas de la madera de *Juglans neotropica* Diels. El paradigma que orientó el proceso de investigación en el presente estudio fue positivista. El diseño de la investigación es no experimental, ya que no se ha manipulado ninguna variable del estudio. El método aplicado en la presente investigación es el hipotético deductivo, se sustenta en la recopilación de información de las probetas de madera.

Población, Muestra y tipo de muestreo

La población se encuentra conformada por todos los individuos de *Juglans neotropica* Diels en los cantones San Pedro de Huaca y Tulcán. Para la muestra se seleccionó 7 árboles de la especie forestal Nogal, estos individuos cumplieron con características previamente establecidas, como un diámetro mayor a 40 cm, altura total entre 10 y 12 m, estado fitosanitario bueno, sin ninguna enfermedad o fisura, tronco recto y de fácil acceso para su corta y extracción. El tipo de muestreo efectuado fue un muestreo simple aleatorio por conveniencia, ya que se escogió los individuos que cumplieran con las características antes señaladas.

Zona de trabajo

La investigación se realizó en dos sitios de la provincia del Carchi: a) en la parroquia Huaca, cantón

San Pedro de Huaca, y b) en la parroquia El Carmelo, cantón Tulcán. Ver Figura 1 y 2. La fase de laboratorio se la realizó, en la ciudad Ibarra, en el Campus "Yuyucocha" de la Universidad Técnica del Norte.

Figura 1. Ubicación de árboles de *Juglans neotropica* Diels

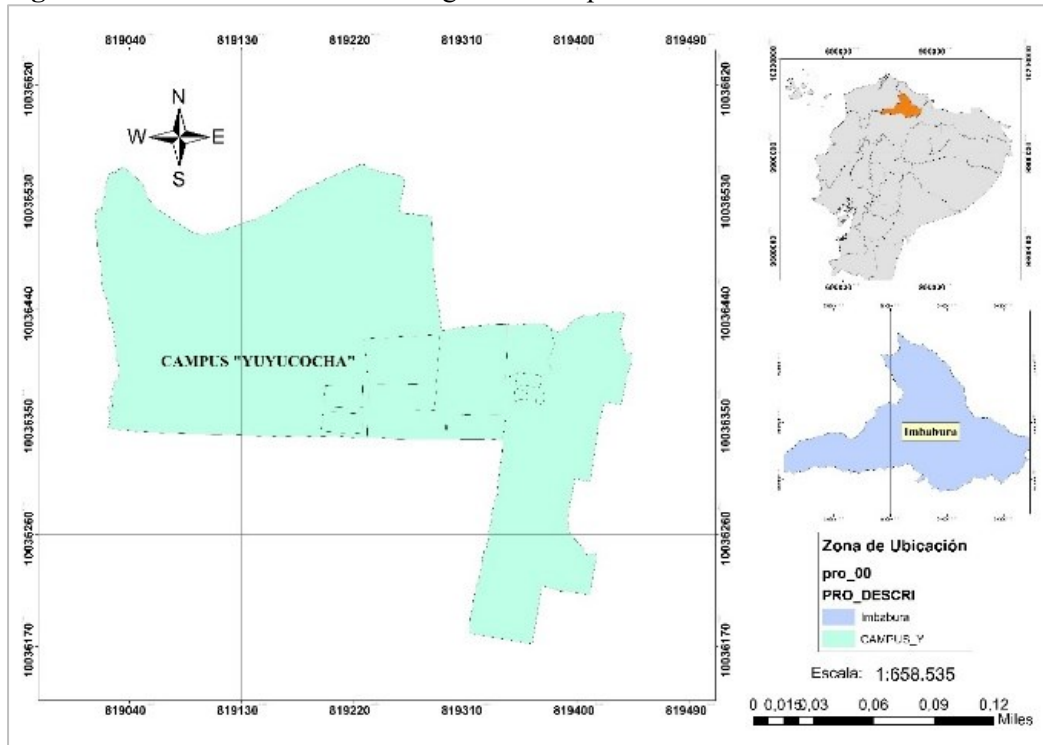
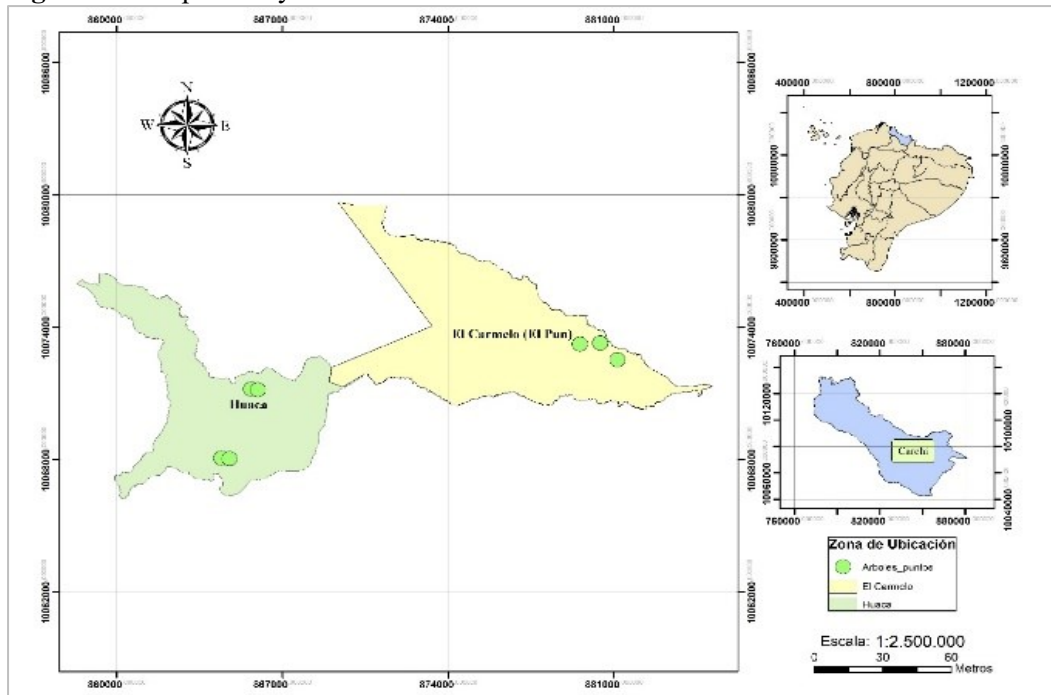


Figura 2. Campus "Yuyucocha"



Características de los árboles

Los criterios para la selección de los árboles fueron: altura, diámetro, estado fitosanitario y disposición para la compra y extracción. Los siete individuos seleccionados cumplieron con todas las características señaladas con un diámetro mayor a 40 cm, altura entre 10 y 12 m, estado fitosanitario bueno sin ninguna enfermedad o fisura, tronco recto y de fácil acceso para su corta y extracción.

Para la selección y colección de muestras de madera se utilizó la norma NTE INEN 1158:1984, (Servicio Ecuatoriano de Normalización [NTE INEN], 1984a). Para la medición y cubicación de las probetas se utilizó la Norma NTE INEN 1159:1984 (Servicio Ecuatoriano de Normalización [NTE INEN], 1984b). La descripción de las características anatómicas se realizó en base a la norma NTE INEN 1163 (Servicio Ecuatoriano de Normalización [NTE INEN], 1984c). Los ensayos de las propiedades físicas se realizaron en base a la norma COPANT 459 (Comisión Panamericana de Normas Técnicas [COPANT], 1972a). Para establecer los ensayos de trabajabilidad se utilizó la norma ASTM D1666-87 (American Society for Testing and Materials [ASTM], 1992).

Para el estudio de las características anatómicas se utilizó seis muestras de Xiloteca y diez cubos de madera tomando como referencia la norma NTE INEN 1157:1984. En las propiedades físicas 49 probetas y 105 para los ensayos de trabajabilidad (Servicio Ecuatoriano de Normalización [NTE INEN], 1984e).

Descripción de las características organolépticas

Se utilizó seis muestras de Xiloteca de la especie en estudio, considerando los estándares de la Norma del Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN-1163, donde se determinó color, transición de albura a duramen, olor, sabor, brillo, grano, veteado y textura (INEN, 2012).

Determinación de las características macroanatómicas

Se determinó las características macroanatómicas en muestras de madera de $15 \times 10 \times 2$ cm., con la ayuda de una lupa 10X, según la norma COPANT N° 30:1- 019. En la cara transversal se realizó un corte para poder visualizar el tipo de poros, porosidad, tipo de parénquima y visibilidad de radios (Comisión Panamericana de Normas Técnicas [COPANT], 1974).

Determinación de las características microanatómicas

Los cortes de las muestras de madera con el espesor adecuado de 20 micras, para que permita la

observación de detalles anatómicos y aspectos del conjunto; se utilizó placas transparentes de cortes de madera de la siguiente manera:

- a) **Ablandamiento de los cubos de madera:** Los cubos con orientación tangencial, radial y transversal con dimensiones (2.5 x 2.5 x 2.5cm) fueron ablandados a base de cocción en agua hasta llegar al punto de ebullición durante 5 horas en olla de presión y se verificó el estado de ablandamiento realizando cortes en el micrótopo.
- b) **Corte de láminas:** Los cortes se realizaron en el micrótopo en láminas horizontales con espesores de entre 10 a 15 micras para el plano tangencial y radial, además el corte transversal se realizó a 20 micras. Se efectuó el seguimiento pertinente para la calidad y orientación de las láminas con la finalidad de observar en el microscopio eléctrico, las láminas fueron colocadas en cajas Petri debidamente codificadas.
- c) **Lavado de láminas:** En el proceso de corte, los tejidos sufrieron rupturas y presentaron pequeñas partículas de tejidos que fueron eliminadas, mediante la inmersión de cada corte en agua destilada a fin de obtener cortes sin residuos de tejidos.
- d) **Deshidratación de tejidos:** En este proceso se aplicó soluciones alcohólicas al 35%, 50%, 75%, 90%, 95% y alcohol absoluto. Para esto, los cortes permanecieron de cinco a diez minutos en cada solución alcohólica, empezando desde el grado menor hasta llegar al alcohol absoluto.
- e) **Coloración de láminas:** Se aplicó gotas de safranina al 1% en solución alcohólica, hasta cubrir los cortes, y se dejó en reposo 36 horas.
- f) **Eliminación del exceso de colorante y lavado de cortes:** Se empleó una solución de alcohol al 95%, con el fin de remover el exceso de colorante en los cortes. Este proceso se repitió hasta lograr una solución cristalina después del lavado, finalmente, se dejó reposar en alcohol absoluto hasta el instante del montaje de las placas.
- g) **Montaje y etiquetado de láminas:** De acuerdo a lo establecido con la norma NTE INEN 1163:1984, se procedió a colocar en el costado derecho del porta objetos los tres cortes de la madera de Nogal con el siguiente orden: izquierda el transversal, al medio el tangencial y derecha el radial; además se agregó dos gotas de adhesiva para placas, disuelto en alcohol a temperatura alta sin llegar al punto de ebullición. Subsiguientemente, se colocó sobre las láminas el cubreobjetos

rectangular y se procedió al etiquetado (NTE INEN, 1984c)

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

Contenido de humedad

De acuerdo con la norma COPANT 460, se utilizó siete probetas por cada árbol, dando un total de 49, con orientación tangencial/radial y libres de defectos (Comisión Panamericana de Normas Técnicas [COPANT], 1972b). Se realizó un etiquetado a las probetas, con sus medidas, además, se registró el peso en una balanza digital “Jadever” en estado verde, para luego dejar 45 días en estado ambiente. Se observó cada veinticuatro horas hasta llegar a obtener un peso similar consecutivo de las probetas. En el segundo registro de datos, se colocó en una estufa eléctrica Memmert a temperatura de 103 ± 2 °C, por el intervalo de 24 horas y cada 6 horas se registró los pesos parciales hasta tener dos pesos consecutivos iguales y luego se procedió a la tercera toma de datos.

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

Ecu. 1

Donde:

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

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

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

Densidad

Se determinó mediante la norma COPANT 461, se utilizó siete probetas por cada árbol, total 49, en sentido tangencial / radial. Se consideró las condiciones de la madera (verde, seca al aire y anhidra) y se analizó la densidad básica (Comisión Panamericana de Normas Técnicas [COPANT], 1972c).

Madera en estado verde

Para mantener la densidad en esta condición las probetas fueron embaladas en plástico, con la finalidad de mantener su humedad, posteriormente con ayuda de una balanza se registró el peso verde (PV); además, se midió las caras de las probetas con un calibrador pie de Rey, así, se determinó el volumen en verde.

Densidad en estado verde

Se tomó los pesos de las probetas en estado verde y se lo relacionó con el volumen en estado verde.

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

Ecu. 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 estado verde expresada en cm^3 .

Madera en estado seco al aire

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

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

Ecu. 3

Donde:

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

PSA: 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 seco al horno (anhidra)

Las probetas fueron colocadas en el horno por 3 días a temperaturas de 40, 60 y 103 ± 2 °C, cada 8 horas las probetas fueron medidas tangencial, radial y longitudinalmente, con el fin de obtener el volumen de “DSH”.

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

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

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

Ecu. 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 verde expresado en cm^3 .

Contracción

De acuerdo a la norma NTE INEN 1164:1984, se utilizó 49 probetas, las cuales fueron dimensionadas en: $5 \times 5 \times 10$ cm, con orientación tangencial/radial. Se señaló las probetas en las seis caras, para indicar las posiciones donde realizar las mediciones. Luego se midió con el calibrador digital en las tres dimensiones de las probetas (Servicio Ecuatoriano de Normalización [NTE INEN], 1984d).

Longitudinal

$$CLN(\%) = \frac{DLV - DSLA}{DLV} \times 100$$

Ecu. 6

Donde:

CLN%: Contracción longitudinal normal de la probeta en condición verde a seco al ambiente en porcentaje.

DLV: Dimensión longitudinal de la probeta en estado verde expresada en milímetros (mm)

DSLH: Dimensión longitudinal de la probeta en condición seco al ambiente, expresado (mm)

$$CLN(\%) = \frac{DLV - DSLH}{DLV} \times 100$$

Ecu. 7

Donde:

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 (mm).

Radial

$$CRN(\%) = \frac{DRV - DRSA}{DRV} \times 100$$

Ecu. 8

Donde:

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.

$$CRT(\%) = \frac{DRV - DRSH}{DRV} \times 100$$

Ecu. 9

Donde:

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

$$CTN(\%) = \frac{DTV - DTSA}{DTV} \times 100$$

Ecu. 10

Donde:

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 seco al aire, expresado en mm.

$$CTN(\%) = \frac{DTV - DTSH}{DTV} \times 100$$

Ecu. 11

Donde:

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.

Contracción volumétrica total

La Contracción volumétrica total, es la relación de la contracción en caras radiales y tangenciales por cada probeta, este proceso se calculó con la siguiente ecuación:

$$Cvt = Clt + Ctt + Crt$$

Ecu. 12

Donde:

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

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

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

Relación tangencial/radial

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

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

Ecu. 13

Donde:

T/R: Relación tangencial radial.

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

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

Propiedades de trabajabilidad

Para las propiedades de trabajabilidad se tomó en cuenta las normas ASTM D 1666-87, con la cual se realizó una identificación visual, y se verificó la existencia de fibras y granos.

Tabla 1. 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

Cepillado

Para este ensayo, se utilizó un total de 105 probetas, 35 por cada orientación y cinco por cada árbol. Se señaló una flecha en el extremo de las probetas para indicar la dirección a favor y en contra del grano, se ejecutó dos repeticiones a favor y dos en contra del grano y se miró el comportamiento de la madera. En esta prueba se utilizó tres cuchillas con un ángulo de corte de 45 grados.

La velocidad de alimentación de la cepilladora se realizó mediante un cronómetro. La velocidad hace referencia al tiempo que la probeta tarda en salir y entrar de la cepilladora. De acuerdo con la Norma ASTM D 1666-87 (1992), la velocidad se determinó con la siguiente ecuación:

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

Ecu. 14

Donde:

Val: velocidad de alimentación

t: tiempo por vuelta

Para el ancho de marca de la cuchilla se calculará con la siguiente ecuación:

$$\text{Ancho de marca (A. D. M)} = \frac{Ax B}{Cx T}$$

Ec.15

Donde:

A: Revoluciones por minuto en el cabezal

B: Numero de cuchillas en el cabezal

C: Velocidad de avance (m/min)

Lijado

Para este ensayo se utilizó las mismas probetas del ensayo anterior, teniendo un total de 105 probetas y se realizó en 2 etapas: A) con la lija nro. 60, la cual es más áspera y permitió alisar la superficie irregular originada por el proceso del cepillado, y B) El uso de una lija nro. 100 determinó la eficiencia, calidad y tipos de defectos que ocasionó los dos tipos de lijas.

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

Moldurado

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

Taladrado

Con las 105 probetas del ensayo anterior, se procedió a realizar el taladrado con una broca adecuada. Para este ensayo se ubico los puntos a taladrarse en la probeta, uno a cada extremo y a una distancia de 5 cm del filo, por tanto, se efectuó dos ensayos por probeta. Mediante la aplicación de fuerza manual, se realizó la perforación con su respectivo registro del tiempo a través de un cronómetro.

Torneado

En este ensayo se utilizó 35 probetas, en las caras radiales, tangenciales y oblicuas. Se realizó con un torno manual ubicado en la central maderera, se utilizó 3 clases de gubias: 2 cm, 1 cm, 0.5 cm de ancho totalmente rectas. Primero se dimensionó la probeta y se colocó en la maquina torneadora, con la gubia más grande (2cm), se dio forma cilíndrica a la probeta, luego con las dos gubias restantes se les dio forma de carrete, uva y botella; términos comúnmente mencionados por carpinteros.

Finalmente, la calidad de grados de defectos se evaluó de acuerdo con la Norma ASTM D- 1666-87 (1992), en la cual se tomó en cuenta: grano arrancado, grano velloso y grano levantado.

El registro del porcentaje de afectación de defectos se realizó mediante medición directa en zonas afectadas de cada probeta, para ello se utilizó una lupa e identificó los tipos de defectos que se presentaron en las probetas.

Posibles usos

Se utilizó como referencia la Norma del Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN-2580:2011; en la cual se determinó los estándares para la clasificación y calificación de la madera aserrada proveniente de bosques húmedos tropicales, con el objetivo de optimizar y aprovechar las materias primas forestales para su comercialización. La norma permite conocer el destino más propicio para madera aserrada, con el fin de evitar desperdicios resultantes de las piezas que no cumplen condiciones necesarias para usos específicos. Según la norma INEN 2580:2011, la densidad es el parámetro que considera para su clasificación en los usos, haciendo comparaciones con la densidad de otras especies y que tengan usos reconocidos, a partir de dicha comparación se sugieren los usos potenciales (Servicio Ecuatoriano de Normalización [NTE INEN], 2011). Ver tabla 2.

Tabla 2. Clasificación para usos de la madera

Clases de usos	Definición
Clase de uso "A"	Maderas cuya densidad básica es mayor a $0,71 \text{ g/cm}^3$
Clase de uso "B"	Maderas con densidad básica superior a $0,55 \text{ g/cm}^3$ e inferior a $0,70 \text{ g/cm}^3$
Clase de uso "C"	Maderas cuya densidad básica es mayor que $0,40 \text{ g/cm}^3$ y menor que $0,54 \text{ g/cm}^3$
Clase de uso "D"	Especies cuya densidad básica es menor o igual que $0,40 \text{ g/cm}^3$

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en la prueba de trabajabilidad, se evaluó las imperfecciones y tolerancias de diferentes grupos de madera y se comparó con los parámetros ya establecidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características organolépticas

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

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

Características macroanatómicas

Los anillos de crecimiento son visibles a simple vista con una porosidad difusa, de forma oval, tamaño mediano, cantidad excesiva, disposición radial o flamiforme en agrupación de múltiples radiales cortos. El parénquima es axial paratraqueal unilateral visible con una lupa 10X.

Características microanatómicas

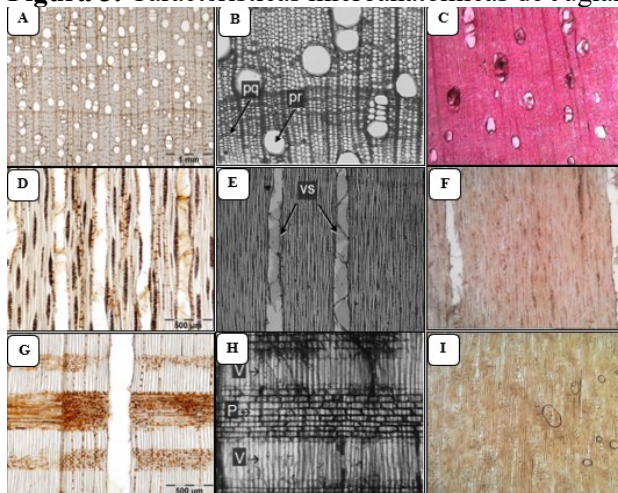
En el corte transversal se presentó poros solitarios y múltiples radiales cortos de dos células y ovals; de tamaño mediado, número entre 21 a 35 unidades de poros por mm^2 , por ello, son considerados poco numerosos, porosidad difusa, parénquima axial paratraqueal unilateral. En la sección tangencial, mediante un lente óptico 4X se pudo observar radios biseriados tipo II de kribs. Con respecto al corte radial visto con un lente 4x, se observó radios heterogéneos con presencia de células erectas y procumbentes, el ancho de los radios $0,32 \mu\text{m}$ y altura de radios de $0,52 \mu\text{m}$.

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

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

Mientras que Armijos et al. (2017) en su investigación detalla que *Juglans neotropica* Diels posee porosidad semicircular, poros solitarios y múltiples en diagonal, radios uniseriados, células procumbentes de 2 a 10 filas y verticales; parénquima axial en finas bandas. Como se muestra en la figura 3. Esta diferencia posiblemente se debe a que son especies con un índice de sitio diferente; así se puede ver las imágenes (A, D, G) que corresponde a *Juglans regia* en tanto que (B, E, H) corresponde a *Juglans neotropica* Diels y (C, F, I) corresponde a *Juglans neotropica* Diels (Carchi).

Figura 3. Características microanatómicas de *Juglans regia* Vs. *Juglans neotropica* Diels



Contenido de Humedad

Para *Juglans neotropica* Diels en el estudio se determinó un contenido de humedad de 78,92 %, lo que permite concluir que la madera de esta especie tiene un coeficiente higroscópico medio, es decir, tiene la capacidad de captar o ceder agua del medio que le rodea. Como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Contenido de humedad de *Juglans neotropica* Diels

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

Paguay (2013) en su investigación determinó un contenido de humedad de 53.12%, muy inferior al obtenido en este trabajo, probablemente debido a las características climáticas, ya que la precipitación del sitio de procedencia de los árboles (parroquia de Quimiag, provincia de Chimborazo), presenta una precipitación de 500 mm y temperatura media de 15°C; mientras que en las parroquias de Huaca y el

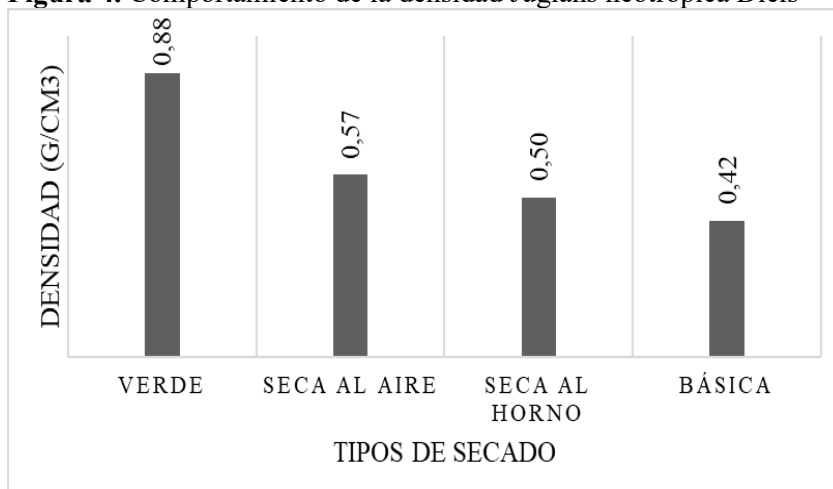
Carmelo del presente estudio tienen una temperatura entre 12 y 12.5°C y precipitación de 1200 y 2000mm en Huaca; en tanto que la precipitación en El Carmelo se encuentra entre 800 y 1000 mm, por lo que el contenido de humedad es mayor, especialmente en los tejidos vivos de la madera.

Concordando con Peralta (2022) la cual estableció para *Juglans neotropica* Diels un contenido de humedad de 59,57% en individuos extraídos del sur del Ecuador. Al igual que Yamberla (2023) quien en su investigación determinó un contenido de humedad de 72,08% siendo resultados muy similares a lo obtenido en la presente investigación.

Densidad

Se obtuvo una densidad básica de 0,42 gr/cm^3 , la cual indica que, según la clasificación de maderas de la norma NTE INEN, (2011) la especie en estudio se encuentra en el rango de las maderas consideradas medias a blandas tipo “C”. Como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Comportamiento de la densidad *Juglans neotropica* Diels



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

Sin embargo, Toro y Roldán (2018) indican que la densidad básica es de 0.52 g/cm^3 , lo que la clasifica

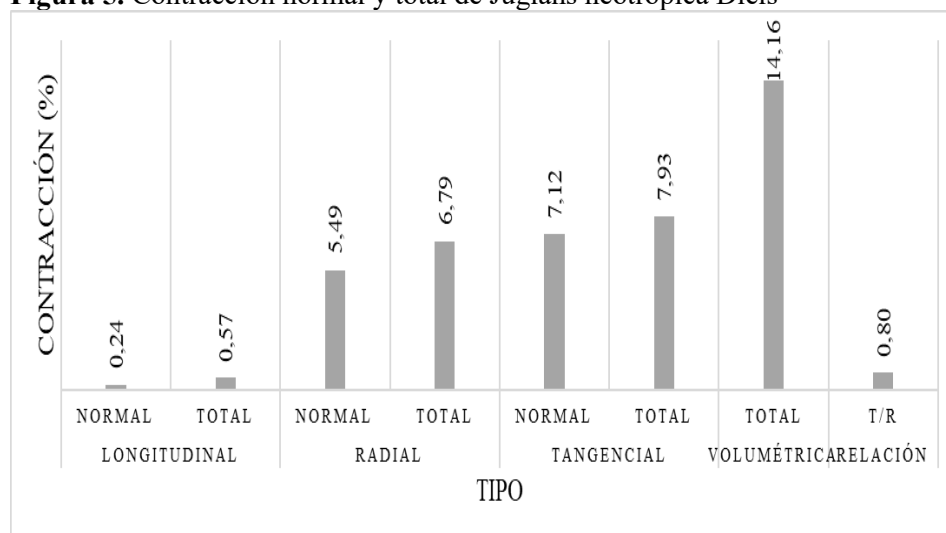
como una madera medianamente pesada de fácil manipulación, de buen agarre para clavos clavos y tornillos. Rodríguez (1988) presenta una densidad básica para Nogal de $0,63\text{g}/\text{cm}^3$ en un estudio realizó en Colombia - Bogotá demostrando una variación significativa con los estudios citados anteriormente. Diversos factores ambientales como: disponibilidad de nutrientes, agua, luz, socios; incluso si se desarrollan en lugares y condiciones similares o diferentes, pueden afectar la densidad básica lo cual demuestra la diferenciación de categorías entre la misma especie (Vázquez *et al.*, 2015)

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

Contracción

En base a la clasificación y los rangos establecidos de contracción relación T/R, la especie presenta una contracción longitudinal de 0,57 %, radial de 6,79% (alta), tangencial de 7,93% (alta), relación volumétrica total 14,16% (Muy alta), y una relación Tangencial/Radial de 0,80% (baja). Dentro del análisis de contracción se debe indicar que este tipo de probetas tienden principalmente a contraerse en la cara tangencial con un porcentaje de 7,93%, con respecto al resto de las caras. Como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Contracción normal y total de *Juglans neotropica* Diels



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

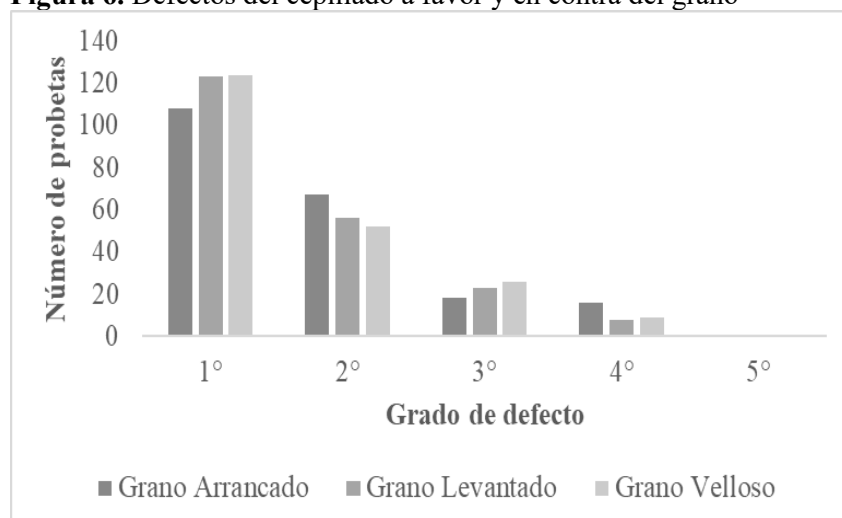
que fueron estudiados en los dos ensayos.

Yamberla (2023) mostró que *Juglans neotropica* Diels procedente de la provincia de Imbabura posee una contracción radial de 4,82%, tangencial de 7,12%, volumétrica de 11,63 y una relación T/R de 1,56%, siendo datos muy similares a los obtenidos en la presente investigación, tomando en cuenta que el valor más cercano para su comparación es de la contracción tangencial. Por otra parte, *Juglans neotropica* Diels, tiene datos similares con *Juglans nigra*, Forest Service (1999), el cual cita una contracción radial de 5,5%; contracción tangencial de 7,8% y una contracción volumétrica de 12,8%.

Cepillado

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

Figura 6. Defectos del cepillado a favor y en contra del grano



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

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

Loewe y González (2001) afirman que la madera de Nogal tiene excelentes propiedades de trabajo, ya

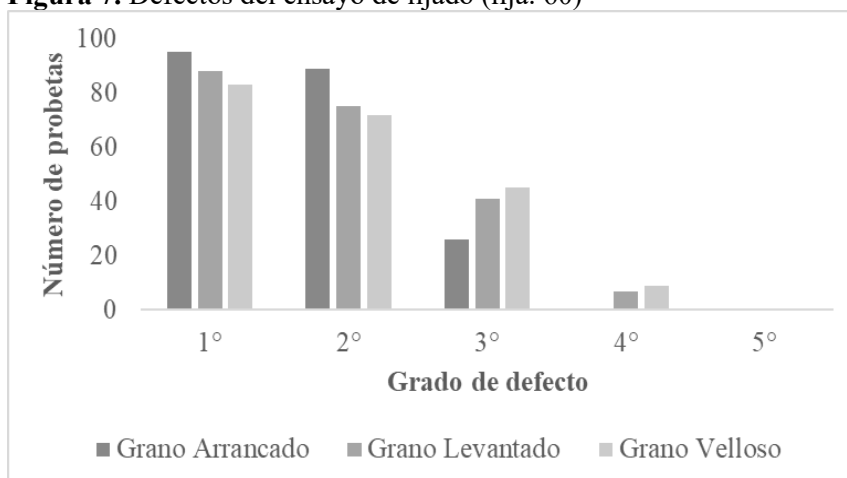
que se adapta bien a diversos procesos industriales y responde efectivamente al uso de herramientas manuales; se emplea en trabajos de tornería; sus cualidades para la moldura y el tallado son excelentes; y su innegable valor estético la convierten en la mejor madera para producción de muebles de alta calidad, chapas, e instrumentos musicales, y también artesanía fina.

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

Lijado

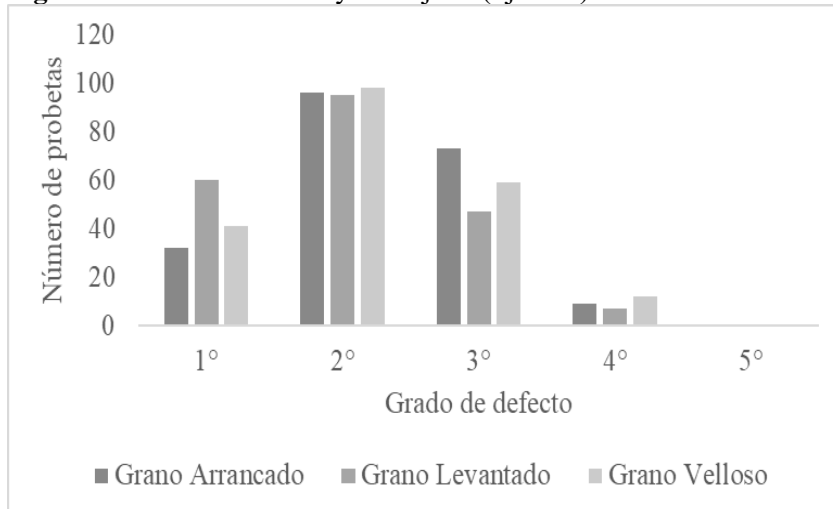
La prueba se realizó en dos etapas, la primera con lija de grano 60 y la segunda con lija de grano 100. Como se muestra en las figuras 7 y 8.

Figura 7. Defectos del ensayo de lijado (lija. 60)



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

Figura 8. Defectos del ensayo de lijado (lija.100)



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

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

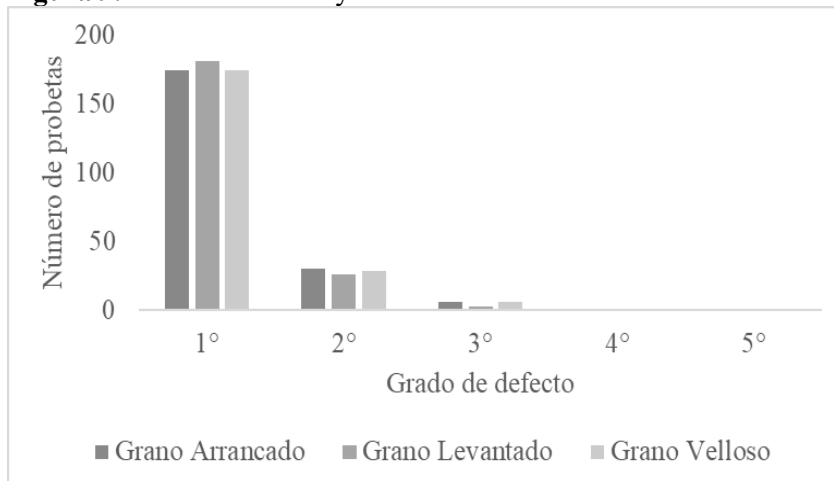
Yamberla (2023) en su investigación indica que al realizar esta prueba con lija nro. 60 y lija nro. 100 a favor y en contra del grano obtuvo valores con mayor presencia en grado dos y tres, lo que evidencia una clasificación de buena a regular en su mayoría.

Moldurado

Este ensayo se lo realizó utilizando una fresadora manual con una broca circular de $\frac{3}{4}$ de pulgada y se repitió dos veces en el borde y el centro de la muestra para obtener resultados a favor y en contra del grano. Los resultados obtenidos en el estudio fueron excelentes ya que, al evaluar las probetas se encontró que tenían un rango muy alto en la clase uno y ligeramente presentes en las clases dos y tres.

Como se muestra en la figura 9.

Figura 9. Defectos del ensayo de moldurado

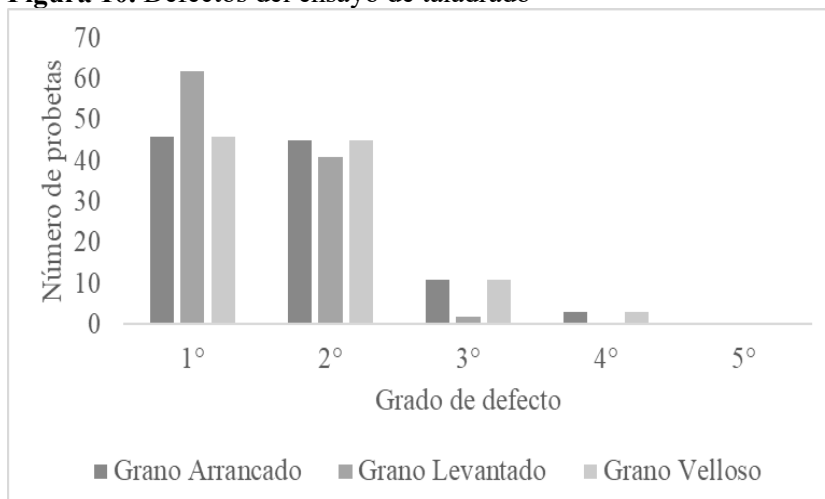


De acuerdo a Yamberla (2023) la madera de *Juglans neotropica* Diels presenta excelentes resultados al ser expuesta al trabajo de moldurado.

Taladrado

En esta prueba se usó un taladro fijo y con una broca de $\frac{1}{4}$ de pulgada, los puntos a taladrarse en las probetas fueron ubicados a la distancia de 5 cm del filo. Por lo tanto, mediante la aplicación de fuerza manual se realizó la penetración y se obtuvo resultados tanto en grano arrancado, levantado y velloso que en los orificios de entrada y salida existe una mayor frecuencia en grado uno y dos, con leve presencia en grado tres y cuatro. Como se muestra en la figura 10.

Figura 10. Defectos del ensayo de taladrado



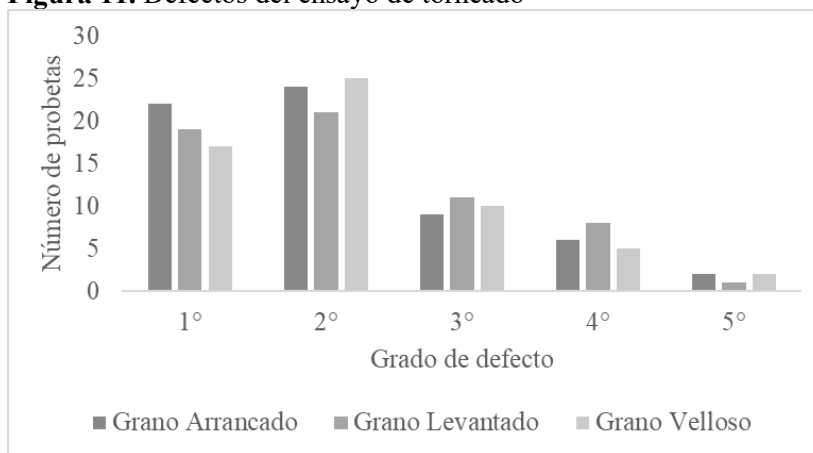
Yamberla (2023) manifiesta en su investigación que los defectos de acuerdo con la parte del orificio, tanto en la entrada y salida de la perforación, muestran mayor presencia en el grano levantado y velloso, en grado uno, dos y tres; lo que indica presencia de varios defectos que van desde excelente,

bueno y regular. Esa información coincide con lo mencionado anteriormente.

Torneado

Al realizar el torneado se usó 3 gubias de 2 cm, 1 cm y 0.5 cm de ancho completamente rectas. Para la madera de *Juglans neotropica* Diels se estableció un comportamiento muy bueno al momento de realizar este proceso. Se evidenció un mayor comportamiento en el grado 2 en los tres tipos de grano, mostrando al grano velloso como el defecto que mayor importancia tuvo al momento de efectuar el torneado, que posteriormente se lo puede eliminar usando una lija número 100. Como se muestra en la figura 11.

Figura 11. Defectos del ensayo de torneado



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

Posibles Usos

El uso potencial del Nogal se determinó en relación a la densidad, uno de los parámetros que se consideró para su clasificación, además se comparó su densidad con la de otras especies y que tengan usos reconocidos.

Al ser *Juglans neotropica* Diels una madera de tipo “C” que corresponde a maderas que poseen una densidad básica mayor a 0,40 g/ cm³ y menor que 0,54 g/ cm³, maderas catalogadas como livianas, o

blandas. Se estableció que los usos más comunes son: contrachapados, aglomerados, puertas, zócalos, ventanas, entre otros. Estas maderas también pueden ser empleadas en estructuras siempre que se realice un adecuado tratamiento y clasificación visual, (NTE INEN, 2011).

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

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

Becerra (1967) y Armin (1978), como se citó en Barreto et al. (1990), coinciden en afirmar que una de las razones por la cual *Juglans neotropica* Diels es deseada, es la coloración oscura que tiene la madera, y es usada para fabricar muebles de lujo; es muy compacta en otras áreas donde se requiere alta resistencia, como armarios y camas.

CONCLUSIONES

La madera de *Juglans neotropica* Diels, presenta variación de color del duramen y albura desde el estado verde al seco.

Juglans neotropica Diels presenta un CH% y densidad básica media, según lo establecido por la norma INEN (2011); misma que la clasifica como madera liviana o blanda, por lo cual es destinada a la construcción y en parte a la industria.

La especie estudiada presenta un buen comportamiento en trabajabilidad y puede ser utilizada en ebanistería, carpintería, trabajos artesanales, mueblería fina y decorativa.

Recomendaciones

Realizar investigaciones que busquen alternativas de uso de los residuos del aprovechamiento forestal del Nogal; puesto que se conocen las características anatómicas de la especie.

Realizar ensayos de las propiedades mecánicas de la especie *Juglans neotropica* Diels.

Esta investigación puede ser utilizada por los estudiantes de la carrera de ingeniería forestales como material didáctico para su formación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado Ugsiña, J. M. (2021). *Determinación de las propiedades físicas y químicas de la madera de cinco especies forestales procedentes de la parroquia Multitud, cantón Alausí, provincia de Chimborazo* (Tesis inédita de ingeniería forestal). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15891>
- American Society for Testing and Materials (ASTM). 1992. Annual book of ASTM standards. Construction section 04 wood. ASTM-D1666-87 Standard methods for conducting machining test of Wood and Wood-base materials. Philadelphia. PA USA.
- Armijos-Montaño, A., Alvarado-Chamba, J., Quito-Torres, J., León-González, T., Guamán Guamán, L., & Pucha-Cofrep, D. (2017). Anatomía de la madera de diez especies forestales de bosque andino del sur del Ecuador. *CEDAMAZ*, 7(1)
- Barreto Ávila, G., Herrera, J. D., & Trujillo Navarrete, E. (1990). *Juglans neotrópica*. Recuperado de <http://www.guao.org/sites/default/files/biblioteca/Juglans%20Neotr%C3%B3pica.pdf>
- Carvajal Benavides, M. J. G., Sono Toledo, D. D., López Narváez, A. L., Layana Bajaña, E. M., & Chagna Avila, E. J. (2023). Evaluación y análisis del factor de forma de *Juglans Neotropica* Diels en el predio de Yuyucocha, Cantón Ibarra . *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 10243-10262. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.6117
- Chudnoff, M. (1984). Tropical Timber of the world. USDA Forest service. Ag. Handbook No 697. Recuperado de [http:// tropicalTimbersoftheWorld-Chudnoff.Total1980version.pdf](http://tropicalTimbersoftheWorld-Chudnoff.Total1980version.pdf)
- Comisión Panamericana de Normas Técnicas [COPANT]. (1972a). Norma Técnica Nro 459. *Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos*. Buenos Aires. Argentina.
- Comisión Panamericana de Normas Técnicas [COPANT]. (1972b). Norma Técnica Nro 460. *Método de determinación de la humedad*. Buenos Aires. Argentina.
- Comisión Panamericana de Normas Técnicas [COPANT]. (1972c). Norma Técnica Nro 461. *Cálculo del peso específico en maderas*. Buenos Aires. Argentina.
- Comisión Panamericana de Normas Técnicas [COPANT]. (1974). Norma Técnica Nro 30:1-19. *Descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas de la madera*.

Recuperado de <https://es.scribd.com/document/449540462/COPANT-30-1-19>

Cresppo, J. (2012). Notas sobre anatomía de maderas en relación al secado. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, (1), 42-53.

Díaz Méndez, P. P. (2005). Evaluación de propiedades físicas y mecánicas de madera de *Nothofagus glauca* (Hualo) proveniente de la zona de Cauquenes.

Echenique-Manrique, R., & Robles Fernández, F. (1993). *Ciencia y tecnología de la madera*. Universidad Veracruzana, Xalapa, MX

Enriquez Santana, I. F. J. A., Carvajal Benavides, M. J. G., Yépez Duque, M. E. S., Valencia Valenzuela, M. X. G., & Flores Ruiz, M. J. A. (2023). Evaluación de la capacidad de carga turística, como base del manejo sostenible para el campus Yuyucocha de la universidad técnica del norte. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 4066-4089.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4740

Estrada, W. (1995). Manual Para la producción de nogal *Juglans Neotropica* Diels. *Editorial EDI – V*.
Forest service. (1999). Wood handbook: Wood as an Engineering Material. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, *Forest Products Laboratory*. No 654. 474 p

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

International Tropical Timber Organization [ITTO]. (1990). *Nogal Tropical*. Recuperado de <http://www.tropicaltimber.info/specie/nogal-tropical-juglans-spp/#lower-content> .

Loewe, M. V., & González, O. M. (2001). *Producción de madera de alto valor: tecnología productiva apta para un desarrollo rural con equidad*. Recuperado de

https://www.researchgate.net/profile/Veronica-Loewe-M/publication/263099357_Produccion_de_madera_de_alto_valor_tecnologia_productiva_apt_a_para_un_desarrollo_rural_con_equidad/links/5fc4f40c299bf104cf95af1b/Produccion-de-madera-de-alto-valor-tecnologia-productiva-apta-para-un-desarrollo-rural-con-equidad.pdf

Mediavilla Mediavilla, F. V. (2016). *Propiedades físicas, químicas y de trabajabilidad de la madera de *alnus nepalensis* d. don en Intag, zona Andina del Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad

- Técnica del Norte]. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5352>
- Monteoliva, S. E., & Igartúa, D. V. (2010). Variación anatómica de la madera de *Acacia melanoxylon* implantada en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 109.
- Mugmal Cancán , L. D., Revelo Ruiz , S. V., Congo Espinosa , G. W., Valencia Valenzuela , X. G., Trejo Cuásquer , J. F., & Benalcázar Villalba , S. M. (2023). Servicios Ecosistémicos del bosque protector “Loma de Guayabillas”, del cantón Ibarra. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 6247-6265. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6626
- Paguay Peña, I. P. (2013). *Determinación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de tres Especies Forestales Andinas: Platuquero (Styloceras sp), Yagual (Polylepis racemosa), Nogal (Juglans neotropica)* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Peralta, K. M. C. (2022). *Caracterización de la madera de 95 especies forestales del sur de Ecuador con base a sus propiedades físicas, organolépticas y anatómicas* (Tesis inédita de doctorado). Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/24554>
- Richter, H.G., and Dallwitz, M.J. (2000). *Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. Version: June 25, 2009*. Recuperado de <http://delta-intkey.com/wood/index.htm>.
- Rodríguez, M. (1988). *Caracterización anatómica de las maderas latifoliadas y claves macro y microscópica para la identificación de 120 especies*. (Tesis inédita de ingeniería forestal). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.
- Toro Vanegas, E., & Roldán Rojas, I. C. (2018). Estado del arte, propagación y conservación de *Juglans neotropica* Diels., en zonas andinas. *Madera y bosques*, 24(1).
- Servicio Ecuatoriano de Normalización [NTE INEN]. (2011). Norma 2580:2011. Sistema de clasificación y calificación de madera aserrada proveniente de bosques húmedos tropicales. Ecuador. Recuperado de https://drive.google.com/file/d/1V-M7EKN_a6i0pkNqN6k_7m9mOzI-45pV/view

- Servicio Ecuatoriano de Normalización [NTE INEN]. (1984a). Norma 1158:1984. Maderas Selección y colección de muestras. Ecuador. Recuperado de <https://archive.org/details/ec.nte.1158.1984>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización [NTE INEN]. (1984b). Norma 1159:1984. Madera rolliza y aserrada. Medición y cubicación. Ecuador. Recuperado de <https://archive.org/details/ec.nte.1159.1984>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización [NTE INEN]. (1984c). Norma 1163:1984. Maderas. Método para la descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas. Ecuador. Recuperado de <https://archive.org/details/ec.nte.1163.1984/page/n1/mode/2up>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización [NTE INEN]. (1984d). Norma 1164:1984. Maderas. Determinación de la contracción. Ecuador. Recuperado de <https://archive.org/details/ec.nte.1164.1984>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización [NTE INEN]. (1984e). Norma 1157:1984. Anatomía de la madera, Terminología. Ecuador. Recuperado de <https://archive.org/details/ec.nte.1157.1984>
- Sibille, M. (2006). *Guía de Procesamiento Industrial - Capirona*. Recuperado de http://plantarperu.com/guia_capirona.pdf
- Urrego, D., Pérez, M., Polanco, C., & Pérez, M. (2012). Control del aprovechamiento ilegal de flora a partir de la anatomía de siete especies maderables en estado de amenaza. *Criminalidad*, 54(1), 259-281.
- Valverde Armijos, I. F. D. I., Carvajal Benavides, M. J. G., Valencia Valenzuela, M. X. G., Rosero Chamorro, M. E. G., & Flores Ruiz, M. J. A. (2023). Rol de juglas neotropica diels en la silvicultura urbana en la parroquia San Francisco del cantón Ibarra, provincia Imbabura. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 2993-3017. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4637
- Vázquez-Cuecuecha, Oscar G., Zamora-Campos, Eunise M., García-Gallegos, Elizabeth, & Ramírez-Flores, Juan Alberto. (2015). Densidad básica de la madera de dos pinos y su relación con propiedades edáficas. *Madera y bosques*, 21(1), 129-138. Recuperado en 16 de enero de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-

[04712015000100010&lng=es&tlng=es.](#)

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

Villota Guerrón, E. L. (2023). *Análisis de las propiedades físicas, anatómicas y trabajabilidad de la madera de Juglans Neotropica Diels. Carchi, Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14389>

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