



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR, MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

TEMA:

**“Evaluación de las propiedades organolépticas, físicas y de trabajabilidad
de madera de *Salix humboldtiana* y *Magnolia chiguila*”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal

Línea de investigación: Desarrollo agropecuario y forestal sostenible

Autor: Montesdeoca Moreta Leslie Paola

Director: Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez M.Sc.

Ibarra – Ecuador - 2026



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Montesdeoca Moreta Leslie Paola

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación de las propiedades organolépticas, físicas y de trabajabilidad de madera de <i>Salix humboldtiana</i> y <i>Magnolia chiguila</i>
AUTOR (ES):	Montesdeoca Moreta Leslie Paola
FECHA: DD/MM/AAAA	22/05/2026
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Forestal
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez M.Sc. Ing. José Gabriel Carvajal Benavides M.Sc.

2. CONSTANCIAS

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 que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 22 días del mes de mayo de 2026

EL AUTOR:

(Firma).....
Nombre: Montesdeoca Moreta Leslie Paola

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 22 de mayo de 2026

Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez M.Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f)
Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez M.Sc.
C.C.: 1600285702

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificador del trabajo de Integración Curricular “Evaluación de las propiedades organolépticas, físicas y de trabajabilidad de madera de *Salix humboldtiana* y *Magnolia chiguila*” elaborado por Montesdeoca Moreta Leslie Paola, previo a la obtención del título del Ingeniero Forestal, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f):.....
Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez M.Sc.
C.C.: 1600285702

(f):.....
Ing. José Gabriel Carvajal Benavides M.Sc.
C.C.: 1002412052

DEDICATORIA

Dedicado con mucho amor y cariño a mis padres Alexandra y Edmundo, porque a pesar de las circunstancias y desafíos que tuvimos que afrontar siempre me brindaron su apoyo y su amor incondicional, gracias por ser mi pilar y mi fortaleza, no solo a lo largo de mi carrera sino también de toda mi vida.

A mis hermanas Pamela y Samanta, por ser mi fuente de alegrías e inspiración. Les agradezco el apoyo que me brindan día a día y su presencia incondicional en mi vida.

Gracias por hacerme sentir amada, por demostrarme que siempre puedo contar con ustedes y por continuar cuidando de mí. Son, sin duda, lo más valioso que tengo en la vida.

A mi pequeño Sebastián, quién, desde su llegada ha llenado mi corazón de gozo y motivación. Quién se convirtió en mi razón para seguir avanzando y creciendo.

Gracias a ustedes por enseñarme el valor del esfuerzo, dedicación y sacrificio. El logro no es solo mío es de los seis.

Con cariño, Leslie.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica del Norte, especialmente a quienes conforman la carrea de Ingeniería Forestal por permitir formarme como profesional y culminar mis estudios en una institución prestigiosa.

Al Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez M.Sc., al Ing. José Gabriel Carvajal Benavides M.Sc. y al Ing. Guillermo David Varela M.Sc. por su buena disposición, apoyo y acompañamiento durante el desarrollo de este proyecto de investigación.

También quiero agradecer al Ing. Xavier Valencia por su colaboración en la obtención de madera de *Magnolia Chiguila* durante la visita a una finca en la comunidad del Corazón en Intag.

Quiero agradecer de todo corazón a las personas que me acompañaron en este camino, especialmente a mis amigas Anahí, Fernanda y Alisson gracias por su apoyo incondicional y por dejar una huella imborrable en mí, atesoraré cada vivencia y todo lo aprendido junto a ustedes.

A mi querida Juliette gracias por estar siempre, por compartir mis alegrías y tristezas y por permitirnos crecer juntas.

Gracias a mis amigos por cada palabra de aliento y por estar pendientes de mí, por regalarme alegrías y crear buenos recuerdos juntos. Jorge, Estefi, Liz y Deisy los llevo siempre conmigo.

Finalmente, a todas las personas cercanas y familiares que estuvieron pendientes de mi y nunca duraron en darme una palabra de aliento, por sentirse orgullosos de quien soy y por felicitar cada uno de mis logros. Gracias a todos.

RESUMEN EJECUTIVO

La utilización de maderas alternativas en San Antonio de Ibarra para actividades productivas, como la elaboración de muebles y tallados en madera, se ve limitada por el desconocimiento de sus características. El objetivo de esta investigación fue determinar las propiedades organolépticas, físicas y de trabajabilidad de la madera de *Salix humboldtiana* y *Magnolia chiguila*. Las muestras se caracterizaron organolépticamente y se analizaron sus propiedades físicas, de trabajabilidad y los posibles usos. El ensayo se llevó a cabo en el Campus Yuyucocha, específicamente en el Laboratorio de Anatomía de la Madera y Xiloteca, así como en la Central de Innovación de la Madera. La recolección de muestras, el dimensionado y los ensayos se realizaron siguiendo las normas INEN, COPANT y ASTM.

Los resultados permitieron diferenciar a *Salix humboldtiana* con una albura amarillenta, duramen rojizo y vetado satinado, frente a *Magnolia chiguila* que presentó una transición abrupta hacia un duramen café rojizo y textura fina. En lo referente a propiedades físicas *Salix humboldtiana* se clasificó como una madera muy liviana con una densidad de 0.30 g/cm³, mientras que *Magnolia chiguila* se categorizó como liviana con una densidad de 0.48 g/cm³ ambas con una contracción estable de grado II. En los ensayos de trabajabilidad *Salix humboldtiana* destacó en lijado y torneado, aunque mostró mayores defectos en cepillado, taladrado y moldurado, por su parte, *Magnolia chiguila* tuvo un comportamiento de excelente a bueno en la mayoría de las pruebas, excepto en el torneado.

Palabras clave: Trabajabilidad, madera, propiedades de la madera, propiedades organolépticas y físicas.

ABSTRACT

The use of alternative woods in San Antonio de Ibarra for productive activities, such as furniture making and wood carving, is limited by a lack of knowledge about their characteristics. The objective of this research was to determine the organoleptic, physical, and workability properties of *Salix humboldtiana* and *Magnolia chiguila* wood. The samples were characterized organoleptically, and their physical properties, workability, and potential uses were analyzed. The testing was carried out at the Yuyucocha Campus, specifically in the Wood Anatomy Laboratory and Xylotheque, as well as in the Wood Innovation Center. Sample collection, sizing, and testing were performed following INEN, COPANT, and ASTM standards.

The results allowed for the differentiation of *Salix humboldtiana*, with its yellowish sapwood, reddish heartwood, and satin grain, from *Magnolia chiguila*, which exhibited an abrupt transition to reddish-brown heartwood and a fine texture. Regarding physical properties, *Salix humboldtiana* was classified as a very lightweight wood with a density of 0.30 g/cm³, while *Magnolia chiguila* was categorized as lightweight with a density of 0.48 g/cm³, both with a stable shrinkage of grade II. In workability tests, *Salix humboldtiana* excelled in sanding and turning, although it showed greater defects in planing, drilling, and molding. *Magnolia chiguila*, on the other hand, performed excellent to good in most tests, except for turning.

Keywords: Workability, wood, wood properties, organoleptic and physical properties.

LISTA DE SIGLAS

NTE INEN. Normas técnicas, Instituto Ecuatoriano de Normalización

COPANT. Comisión Panamericana de Normas Técnicas

ASTM. American Society for Testing and Materials

INPC. Instituto Nacional de Patrimonio Cultural

MAATE. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	16
Problema de investigación.....	16
Justificación	17
Objetivos.....	17
Preguntas de investigación.....	18
CAPÍTULO I.....	19
MARCO TEÓRICO.....	19
1.1. ¿Qué es la madera?.....	19
1.1.1. La madera como elemento sociocultural	19
1.2. Propiedades organolépticas	20
1.2.1. Color	21
1.2.2. Olor.....	21
1.2.3. Brillo.....	21
1.2.4. Veteado.....	21
1.2.5. Grano.....	21
1.2.6. Textura.....	22
1.3. Propiedades físicas	22
1.3.1. Contenido de humedad	22
1.3.2. Densidad.....	22
1.3.3. Contracción.....	23
1.4. Propiedades de trabajabilidad.....	24

1.4.1.	<i>Cepillado</i>	24
1.4.2.	<i>Lijado</i>	25
1.4.3.	<i>Moldurado</i>	25
1.4.4.	<i>Taladrado</i>	25
1.4.5.	<i>Torneado</i>	25
1.4.6.	<i>Tallado</i>	26
1.5.	Características de las dos especies forestales	26
1.5.1.	<i>Taxonomía y distribución de Salix humboldtiana</i>	26
1.5.2.	<i>Taxonomía y distribución de Magnolia chiguila</i>	27
1.6.	Resultados referentes a la investigación.....	27
	CAPÍTULO II	29
	MATERIALES Y MÉTODOS	29
	Tipo de investigación según los siguientes criterios:.....	29
2.2.	Ubicación del lugar.....	29
2.3.	Caracterización edafoclimática del lugar.....	30
2.4.	Materiales, equipos y software	31
2.5.	Métodos, técnicas e instrumentos.	31
2.5.1.	Universo-población	31
2.5.2.	Tamaño de la muestra.	32
2.6.	Operacionalización de variables.	32
2.6.1.	Descripción de las características organolépticas	32
2.6.2.	Propiedades físicas	33
2.6.3.	Trabajabilidad	38

2.7. Procedimiento y análisis de datos.....	45
CAPÍTULO III	46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
3.1. <i>Salix humboldtiana</i>	46
3.1.1. Descripción propiedades organolépticas	46
3.1.2. Propiedades físicas.....	47
3.1.3. Propiedades de trabajabilidad	49
3.2. <i>Magnolia chiguila</i>	52
3.2.1. Descripción propiedades organolépticas	52
3.2.2. Propiedades físicas.....	53
3.2.3. Propiedades de trabajabilidad	55
CAPÍTULO IV	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
Conclusiones	60
Recomendaciones	60
Referencias Bibliográficas.....	61
Anexos.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación de la madera con base a la densidad</i>	23
Tabla 2 <i>Materiales, equipos y software a emplear en la investigación</i>	31
Tabla 3 <i>Numero de probetas, dimensión y orientación para las variables de las propiedades físicas.</i>	33
Tabla 4 <i>Calificación de probetas con base a sus defectos.</i>	38
Tabla 5 <i>Calificación de probetas con base a defectos presentes en el tallado</i>	42
Tabla 6 <i>Clasificación de la madera con base a la densidad.</i>	43
Tabla 7 <i>Posibles usos de la madera con base a sus defectos</i>	44
Tabla 8 <i>Clasificación del comportamiento de la madera con base a la densidad y dureza.</i>	44
Tabla 9 <i>Propiedades organolépticas de Salix humboldtiana</i>	46
Tabla 10 <i>Resultados de contenido de humedad y densidad de la madera de Salix humboldtiana.</i>	47
Tabla 11 <i>Resultados de contracción de la madera de Salix humboldtiana</i>	48
Tabla 12 <i>Resultados de los ensayos de trabajabilidad de Salix humboldtiana.</i>	49
Tabla 13 <i>Propiedades organolépticas de Magnolia chiguila</i>	52
Tabla 14 <i>Resultados de contenido de humedad y densidad de la madera de Magnolia chiguila.</i>	53
Tabla 15 <i>Resultados de contracción de la madera de Magnolia chiguila.</i>	54
Tabla 16 <i>Resultados de trabajabilidad de Magnolia chiguila.</i>	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Mapa de ubicación del campus Yuyucocha</i>	29
Figura 2 <i>Orientación de cortes</i>	39
Figura 3 <i>Dimensión de la probeta para cepillado</i>	39
Figura 4 <i>Dimensión de la probeta para lijado</i>	41
Figura 5 <i>Propiedades organolépticas de Salix humboldtiana</i>	46
Figura 6 <i>Defectos hallados en el ensayo de torneado</i>	50
Figura 7 <i>Probetas del ensayo de torneado</i>	50
Figura 8 <i>Tallado en la probeta 1 de madera de Salix humboldtiana</i>	51
Figura 9 <i>Tallado en la probeta 2 de madera de Salix humboldtiana</i>	51
Figura 10 <i>Propiedades organolépticas de Magnolia chiguila</i>	53
Figura 11 <i>Defectos hallados en el ensayo de torneado de Magnolia chiguila</i>	57
Figura 12 <i>Probetas del ensayo de torneado de Magnolia chiguila</i>	57
Figura 13 <i>Tallado en la probeta 1 de madera de Magnolia chiguila</i>	58
Figura 14 <i>Tallado en la probeta 2 de madera de Magnolia chiguila</i>	58
Figura 15 <i>Defectos hallados en el ensayo de cepillado de Salix humboldtiana</i>	73
Figura 16 <i>Probetas del ensayo de cepillado de Salix humboldtiana</i>	73
Figura 17 <i>Defectos hallados en el ensayo de lijado de Salix humboldtiana con lija N° 60</i>	74
Figura 18 <i>Probetas del ensayo de lijado de Salix humboldtiana con lija N° 60</i>	74
Figura 19 <i>Defectos hallados en el ensayo de lijado de Salix humboldtiana con lija N° 100</i>	74
Figura 20 <i>Probetas del ensayo de lijado de Salix humboldtiana con lija N° 100</i>	75
Figura 21 <i>Defectos hallados en el ensayo de moldurado de Salix humboldtiana</i>	75
Figura 22 <i>Probetas del ensayo de moldurado de Salix humboldtiana</i>	76
Figura 23 <i>Defectos hallados en el ensayo de taladrado de Salix humboldtiana</i>	76
Figura 24 <i>Defectos en el orificio de entrada en las probetas de Salix humboldtiana</i>	77
Figura 25 <i>Defectos en el orificio de salida en las probetas de Salix humboldtiana</i>	77
Figura 26 <i>Defectos hallados en el ensayo de cepillado de Magnolia chiguila</i>	78
Figura 27 <i>Probetas del ensayo de cepillado de Magnolia chiguila</i>	78

Figura 28 Defectos hallados en el ensayo de lijado de <i>Magnolia chiguila</i> con lija N° 60.	79
Figura 29 Probetas del ensayo de lijado de <i>Magnolia chiguila</i> con lija N° 60.	79
Figura 30 Defectos hallados en el ensayo de lijado de <i>Magnolia chiguila</i> con lija N° 100.	79
Figura 31 Probetas del ensayo de lijado de <i>Magnolia chiguila</i> con lija N° 100.	80
Figura 32 Defectos hallados en el ensayo de moldurado de <i>Magnolia chiguila</i>	80
Figura 33 Probetas del ensayo de moldurado de <i>Magnolia chiguila</i>	81
Figura 34 Defectos hallados en el ensayo de taladrado de <i>Magnolia chiguila</i>	81
Figura 35 Defectos en el orificio de entrada en las probetas de <i>Magnolia chiguila</i>	81
Figura 36 Defectos en el orificio de salida en las probetas de <i>Magnolia chiguila</i>	82
Figura 37 Obtención de la madera de <i>Salix humboldtiana</i> y <i>Magnolia chiguila</i>	83
Figura 38 Desarrollo del ensayo de propiedades físicas de las dos especies.	83
Figura 39 Desarrollo del ensayo de torneado de las dos especies.....	84
Figura 40 Desarrollo del ensayo de trabajabilidad de las dos especies.	84

INTRODUCCIÓN

Problema de investigación.

- Problemática a investigar.

En Ecuador, especialmente en San Antonio de Ibarra conocido como la cuna del arte, el acceso a maderas legales y adecuadas para la elaboración de artesanías es fundamental para el desarrollo sostenible y la conservación de las tradiciones culturales. Los artesanos de la región han utilizado, desde tiempos atrás, especies como *Juglans neotropica* y *Cedrela montana*, las cuales son cada vez más escasas, agravando así la situación.

La madera de *Salix humboldtiana* una especie nativa de rápido crecimiento y utilizable en plantaciones forestales ha sido empleada históricamente en la fabricación de papel y productos derivados, aun así, existe una notable falta de información en la literatura sobre sus propiedades organolépticas y de trabajabilidad. Por otro lado, sobre la madera de *Magnolia chiguila* se han realizado estudios únicamente de las propiedades organolépticas, sin embargo, aún existe un desconocimiento sobre las características físicas y de trabajabilidad.

Ante esta situación, muchos artesanos han comenzado a buscar otras especies forestales para llevar a cabo sus trabajos. Sin embargo esta búsqueda carece de un sustento técnico-científico que valide el uso adecuado de estas maderas para su actividad, lo que podría comprometer la calidad de sus productos y a largo plazo su viabilidad económica. La escasa información sobre estas maderas y sus usos potenciales limita su utilización, lo que dificulta el desarrollo de prácticas de manejo sostenible y reduce las oportunidades de innovación. Esta falta de conocimiento no solo afecta la sostenibilidad ambiental, sino que también puede tener un impacto negativo en el desarrollo económico de las comunidades que dependen de este recurso forestal.

- Formulación del problema de investigación.

La utilización de la madera de *Salix humboldtiana* y *Magnolia chiguila* en actividades productivas como la elaboración de muebles y tallados en madera se encuentra limitada por el desconocimiento de las propiedades físicas, organolépticas y trabajabilidad de esta especie.

Justificación

Este estudio buscó abordar la problemática que limita significativamente el potencial de aprovechamiento sostenible de los recursos madereros en San Antonio de Ibarra, donde la diversificación de materias primas para muebles y escultura se encuentran estancadas debido al desconocimiento técnico de las propiedades de especies alternativas. Históricamente el sector artesanal ha dependido de maderas tradicionales de alta demanda comercial lo que genera una presión selectiva sobre los bosques, eleva los costos de producción e incita al tráfico ilegal de estas especies.

Ante este escenario el desarrollo de análisis exhaustivos que evalúen la calidad de especies no tradicionales se vuelve indispensable para así poder determinar con precisión científica su viabilidad tecnológica en el taller. La determinación detallada de las propiedades físicas, organolépticas y de trabajabilidad de la madera de *Salix humboldtiana* y *Magnolia chiguila* responde a la necesidad urgente de trasladar datos concretos e información confiable al sector productivo y académico, esta investigación no solo fomenta un mayor interés científico en las ciencias forestales, sino que también abre nuevas oportunidades para iniciativas sostenibles que promuevan una gestión y comercialización forestal más responsable.

Los resultados de esta investigación contribuyen significativamente a validar si *Salix humboldtiana* y *Magnolia chiguila* poseen las aptitudes necesarias para la elaboración de muebles, torneados y esculturas religiosas y decorativas. De tal manera que el estudio proporciona el sustento técnico indispensable para introducir de manera segura estas especies en el mercado artesanal garantizando que su implementación mantenga o supere los estándares de calidad estética y estructural que se obtienen actualmente con maderas tradicionales como el cedro y el nogal.

Objetivos

Objetivo General

Determinar las propiedades organolépticas, físicas y trabajabilidad de la madera de *Salix humboldtiana* y *Magnolia chiguila*.

Objetivos Específicos

- Describir las propiedades organolépticas de la madera de *Salix humboldtiana* y *Magnolia chiguila*.

- Determinar las propiedades físicas y de trabajabilidad de la madera de *Salix humboldtiana* y *Magnolia chiguila*.

Preguntas de investigación.

De acuerdo con la tabla de Munsell de suelos, ¿cuál es el color de la madera de *Salix humboldtiana* y *Magnolia chiguila*?

¿Las maderas de *Salix humboldtiana* y *Magnolia chiguila* presentan un olor y sabor distintivo?

¿Cuál es la densidad de la madera de *Salix humboldtiana* y *Magnolia chiguila*?

¿Las maderas de *Salix humboldtiana* y *Magnolia chiguila* son adecuadas para realizar artesanías?

¿Para qué otros usos pueden ser utilizada la madera de *Salix humboldtiana* y *Magnolia chiguila*?

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. ¿Qué es la madera?

La madera es un material biológico de origen vegetal compuesto por células cuyas paredes se endurecen con el paso del tiempo debido a la acumulación de celulosa y lignina, lo que le otorga rigidez e impermeabilidad. Esta estructura forma parte del tronco de los árboles, permitiendo el transporte de agua y nutrientes, como también el soporte de las ramas y el almacenamiento de sustancias de reserva. Desde el punto de vista económico las partes que también se consideran aprovechables son principalmente el tronco, incluyendo las ramas y raíces (Aguilar y Guzowski, 2011).

Históricamente la madera ha sido valorada por su versatilidad, disponibilidad y capacidad de renovación, características que la convierten en un recurso esencial en sectores como la carpintería, la construcción y la artesanía (Ibáñez et al., 2009). En Ecuador, el uso y comercio de la madera y sus derivados han estado presentes en la economía nacional, sustentados en una base forestal que originalmente cubría el 80% del territorio. Sin embargo, esta situación ha cambiado debido a la explotación excesiva y a la tala irracional de los bosques nativos, lo que ha comprometido la autosuficiencia que el país mantuvo durante años en productos madereros (Zuñiga, 1997).

A través del estudio de la estructura tanto externa como interna de la madera, se puede determinar la calidad y la resistencia de la madera (Seguel, 2023). Por lo tanto, para garantizar un uso eficiente de este recurso, resulta indispensable poseer un conocimiento profundo de cada una de las propiedades (Agila et al., 2018; Armijos et al., 2017).

1.1.1. La madera como elemento sociocultural

La madera en Ecuador tiene un impacto no solo económico, sino también en la identidad cultural del país. La actividad forestal, tanto en su forma legal como ilegal, junto con la

producción de muebles y materiales para la construcción, constituye una parte esencial de la vida económica y social ecuatoriana (Rivadeneira, 2023).

Un ejemplo emblemático de este vínculo cultural es el tallado en madera de San Antonio de Ibarra, reconocido como patrimonio cultural inmaterial del Ecuador. Esta técnica representa una manifestación artística de gran relevancia, resultado del legado transmitido de generación en generación por una comunidad de artesanos desde épocas prehispánicas hasta la actualidad (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural [INPC], 2020).

En esta localidad, la madera de especies como el cedro (*Cedrela odorata*) y el nogal (*Juglans neotropica*) ha sido trabajada durante siglos, incrementando hoy su valor comercial debido a la alta demanda. No obstante, esta situación también ha generado un conflicto socioambiental, derivado de las tensiones entre los artesanos de San Antonio de Ibarra y las políticas implementadas por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) para regular la comercialización del cedro (Salazar, 2022).

1.2. Propiedades organolépticas

Entre las propiedades más relevantes se encuentran las propiedades organolépticas que están constituidas por el color, olor, brillo, vetado, grano y textura las cuales se describen con base a la norma NTE INEN 1163 (Barba, 2021; Cartuche, 2022; Chila, 2020; Fernandez et al., 2023). Estas se pueden percibir a través de los sentidos y facilitan la identificación de las especies maderables.

La evaluación de las propiedades organolépticas resulta primordial para determinar el uso correcto de la madera y garantizar su calidad en los procesos de transformación artesanal o industrial. La correcta caracterización del color, vetado y brillo, siguiendo normativas estandarizadas, facilita la identificación taxonómica y el aprovechamiento de especies nativas de la región andina, tal como se ha evidenciado en estudios anatómicos recientes en la provincia de Imbabura (Carvajal-Benavides et al., 2023)

1.2.1. Color

El color natural de la madera está determinado principalmente por los pigmentos presentes en sus células, así como por la proporción de lignina y celulosa y el grado de mineralización. Además, factores externos como la exposición a la luz y al oxígeno también influyen significativamente en su tonalidad (Aguilar y Guzowski, 2011).

1.2.2. Olor

El olor es una destacada característica organoléptica que permite diferenciar los tipos de madera. La madera recién cortada y almacenada tiene un olor fuerte que se va produciendo por la evaporación lenta de los aceites, resinas y esencias contenidas en la madera. Normalmente, el buen olor indica madera sana y el olor desagradable síntoma de alteración (Aguilar y Guzowski, 2011).

1.2.3. Brillo

El brillo de la madera se refiere a la capacidad de su superficie para reflejar la luz, característica que depende de la estructura celular, el tipo de corte y el acabado superficial. Puede variar entre mate y brillante, influyendo directamente en el atractivo estético de la madera y en la percepción de su calidad.

1.2.4. Veteado

El veteado es el patrón natural que se observa en la superficie de la madera, originado por la disposición de los anillos de crecimiento, los radios leñosos y la distribución de los vasos. Este dibujo característico aporta valor decorativo, ya que cada pieza de madera presenta un diseño único que resalta su origen natural.

1.2.5. Grano

El grano describe la dirección, disposición y uniformidad de las fibras leñosas dentro de la madera. Puede ser recto, entrecruzado, ondulado o irregular, y afecta tanto la apariencia visual como el comportamiento durante el maquinado, influyendo en la facilidad para cepillar, tallar o lijar la madera.

1.2.6. Textura

La textura de la madera está determinada por el tamaño y la distribución de sus elementos anatómicos, como vasos, fibras y parénquima. Puede clasificarse en fina, media o gruesa, influyendo en el tacto y en el tipo de acabado que se puede lograr, así como en la forma en que la madera absorbe tintes y barnices.

1.3. Propiedades físicas

Las propiedades físicas permiten predecir el comportamiento estructural ante diferentes condiciones ambientales y su capacidad ser usada en diferentes aspectos. (Díaz, 2005; Pérez et al., 2011). Estas propiedades están constituidas por el contenido de humedad, la densidad, y contracción, las cuales se determinan con base a la norma COPANT 460 y la norma INEN 1162 (Telles et al., 2017; Tumenjargal, 2020; Vega et al., 2019).

1.3.1. Contenido de humedad

La madera es un material higroscópico, lo que significa que tiene la capacidad de absorber y perder agua en función de la humedad relativa del ambiente. Así, aunque en algún momento haya estado completamente seca, no necesariamente se mantiene en ese estado, ya que está en constante equilibrio con las condiciones que la rodean. Además, el contenido de humedad en la madera no depende únicamente del ambiente, sino también de las características que presentan cada especie, de la diferencia entre albura y duramen dentro de un mismo árbol (Tamarit y Fuentes, 2003).

La cantidad de agua presente en la madera, expresada como un porcentaje respecto al peso de la madera seca, es un factor crucial que influye directamente en su densidad, dado que la madera húmeda es menos densa que la seca, pues el agua ocupa espacio sin aportar masa estructural. Esta propiedad resulta determinante para su comportamiento mecánico, su durabilidad y su desempeño frente a distintas condiciones ambientales, conforme a lo que establece la norma COPANT 460 (Barrios, 2015).

1.3.2. Densidad

La densidad de la madera se define como la relación entre la masa y el volumen de este material, se considera una propiedad fundamental que influye directamente en el

comportamiento físico y mecánico, así como en la clasificación y su uso (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011). De acuerdo con la norma INEN 1162, la densidad se considera una característica esencial, la cual varía por factores como es la especie del árbol y el contenido de humedad que este contiene.

La madera se clasifica de acuerdo con la densidad, así, las maderas de alta densidad resultan más adecuadas para aplicaciones estructurales, mientras que las de baja densidad son preferidas en la elaboración de muebles o con fines decorativos. (Ribas 2017). En este sentido, se destaca la importancia de la densidad como un criterio determinante para el aprovechamiento óptimo del recurso y para la determinación de su resistencia y durabilidad (Barnett y Jeronimidis, 2003)

Tabla 1

Clasificación de la madera con base a la densidad

Tipo	Densidad básica
Tipo “A”	Mayor que 0.71 g/cm ³
Tipo “B”	Mayor que 0.55 g/cm ³ y menor que 0.70 g/cm ³
Tipo “C”	Mayor que 0.40 g/cm ³ y menor que 0.54 g/cm ³
Tipo “D”	Menor o igual que 0.40 g/cm ³

Fuente: (Norma NTE INEN 2580)

1.3.3. Contracción

La contracción de madera es un fenómeno natural que ocurre en esta cuando se expone a la humedad o los cambios de temperatura afectando la forma, el tamaño y la estabilidad de la madera, estas variaciones pueden afectar su desempeño en la construcción, producción de muebles y la creación de instrumentos musicales (Acosta, 2024).

Se produce principalmente en tres secciones como es en la tangencial, radial y longitudinal. La contracción radial se produce en la dirección del radio de un tronco, mientras que la contracción tangencial se produce en la dirección de la circunferencia del tronco. Y la longitudinal en las caras radiales y tangenciales, la cual es desde la base inferior hacia la

superior del tronco. Estas contracciones son el resultado de la pérdida de agua en las células de la madera (Ananías, 1989).

1.4. Propiedades de trabajabilidad

Las propiedades de trabajabilidad de la madera permiten evaluar su desempeño en procesos como el cepillado, lijado, moldurado, taladrado y torneado, de acuerdo con los lineamientos establecidos por la norma ASTM-D 1666-64, 1975 (Betancur et al., 2000; Buenga et al., 2023; Mediavilla, 2016; Merino et al., 2023). Este análisis resulta esencial para determinar la aptitud de la madera en aplicaciones artesanales y de manufactura. Una madera con buena trabajabilidad se caracteriza por responder favorablemente a estas operaciones, sin dañar las herramientas ni generar defectos en la pieza elaborada.

Diversos factores inciden en esta propiedad, entre ellos la calidad de las máquinas utilizadas, el contenido de humedad, la dirección del hilo, así como la textura, la porosidad y la presencia de nudos (Chávez, 2020). Por otro lado, el tallado destaca como una técnica artesanal que también se considera en las evaluaciones de trabajabilidad, ya que posibilita la transformación de la madera en objetos de valor cultural o funcional (Bautista, 1990; Uranungar, 2013).

1.4.1. Cepillado

La práctica del cepillado tiene sus orígenes en la antigüedad, cuando los primeros artesanos comprendieron que al retirar de manera controlada capas superficiales de madera podían obtener piezas con superficies más lisas y aptas para diversos usos. Este proceso consiste en generar una superficie plana mediante la remoción del exceso de madera aserrada, lo que se logra a través de la formación de virutas (Chávez, 2020).

El cepillado trasciende el simple tratamiento superficial, pues constituye una etapa esencial en la preparación de la madera para procesos posteriores, como el barnizado o la aplicación de tintes. Un cepillado realizado con precisión tiene un impacto directo en la calidad final del producto, influyendo en su durabilidad, su apariencia estética y su rendimiento a lo largo del tiempo.

1.4.2. Lijado

Es el proceso mediante el cual se alisan, pulen o abrillantan las superficies de la madera utilizando láminas abrasivas de distintos granos, que determinan el nivel de suavidad alcanzado (Chávez, 2020). Esta operación es fundamental para eliminar pequeñas irregularidades, fibras levantadas o restos de marcas dejadas por herramientas previas como el cepillo. El lijado no solo mejora la apariencia estética, sino que también facilita la adherencia uniforme de acabados como barnices, selladores o pinturas, incrementando la durabilidad y calidad final del producto.

1.4.3. Moldurado

Consiste en dar formas decorativas a los bordes o superficies de la madera mediante herramientas manuales o máquinas especializadas conocidas como molduradoras. Este procedimiento permite crear perfiles variados, desde simples biseles hasta complejas molduras ornamentales, adaptándose a diseños arquitectónicos o mobiliarios específicos. Más allá del aspecto estético, las molduras también cumplen funciones prácticas, como proteger los bordes contra golpes o el desgaste por uso prolongado, aportando funcionalidad y elegancia a las piezas trabajadas.

1.4.4. Taladrado

El taladrado es la operación destinada a realizar perforaciones en la madera con el diámetro requerido, mediante el uso de taladros manuales, de banco o máquinas industriales con una o varias brocas orientadas en posiciones horizontal o vertical (Chávez, 2020). Este proceso es esencial para el ensamblaje de piezas mediante tornillos, pernos o tarugos, así como para la colocación de herrajes. Un taladrado preciso contribuye a la resistencia estructural de las uniones y asegura la correcta alineación de los componentes durante el armado.

1.4.5. Torneado

El torneado es una técnica que emplea un torno para hacer girar la madera mientras se da forma a la pieza con herramientas de corte como gubias, formones o cuchillas (Chávez, 2020). Esta operación permite obtener elementos cilíndricos o con contornos complejos, comúnmente utilizados en la fabricación de patas de muebles, columnas y objetos

decorativos. El torneado combina precisión mecánica con destreza manual, posibilitando la creación de piezas únicas con alto valor estético y funcional.

1.4.6. Tallado

El tallado en madera es un arte que requiere el uso de diversas herramientas especializadas, como gubias, cinceles y formones, que permiten dar forma, textura y detalle a la pieza trabajada. Cada técnica de tallado demanda un conjunto particular de instrumentos y destrezas y los artesanos suelen combinar varias de estas técnicas para alcanzar sus objetivos creativos. El dominio de estos métodos resulta esencial para elaborar obras artísticas y proyectos de carpintería con un alto nivel de precisión y detalle. Según las necesidades estéticas, el tallado puede realizarse en alto o bajo relieve, con detalles finos o de gran tamaño, tanto en bloques como en piezas de madera redondas.

En Ecuador, la producción artesanal en madera presenta una notable diversidad que incluye esculturas religiosas heredadas de la escuela quiteña como también muebles tallados, esculturas, así como adornos y representaciones de animales y aves. Cada una de estas artesanías refleja un sello único, evidenciando el estilo y la identidad de quien las elabora (Viteri et al., 1989).

1.5. Características de las dos especies forestales

1.5.1. Taxonomía y distribución de *Salix humboldtiana*

El sauce, es conocido por ser una especie de rápido crecimiento, adaptada a zonas ribereñas, y ha sido utilizada ancestralmente en la elaboración de mimbres, tambores, máscaras y muebles artesanales (Amigo, 2018; Artesanías de Colombia S.A., 2015). Presenta una densidad baja (430–490 kg/m³), es considerada blanda y ha demostrado ser útil en usos estructurales ligeros, utensilios y tallados (Lazos-Ruíz et al., 2016; Loperfido et al., 2024).

Estudios han identificado que, a partir de los 20 años, la calidad de su madera mejora, haciéndola apta para elementos de construcción ligera, aunque sufre deterioro después de los 40 años (Burga, 2022). Además, posee propiedades mecánicas comparables con otras maderas comerciales, como la resistencia a la flexión y dureza (Cobas y Tortoriello, 2024).

Familia: Salicaceae

Género: *Salix L.*

Nombre Científico: *Salix humboldtiana* Willd.

Nombre común: Sauce

Distribución: se encuentra principalmente en los valles interandinos y a lo largo de ríos y quebradas, especialmente en zonas bajas y templadas. Se le puede encontrar en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 1000 metros.

1.5.2. Taxonomía y distribución de *Magnolia chiguila*

Magnolia chiguila es una especie endémica de Ecuador, perteneciente a la familia Magnoliaceae, crece en bosques húmedos tropicales, principalmente en zonas montañosas. Esta especie es apreciada por sus cualidades estéticas y es usada en carpintería, ebanistería y construcción de casas (Vázquez, 2016).

Familia: Magnoliaceae

Género: *Magnolia*

Nombre Científico: *Magnolia chiguila*

Nombre común: Chirimoyo de monte

Distribución: se encuentra en la zona norte de la provincia de Imbabura, específicamente en la región del Chocó Andino, en Ecuador. Esta especie se encuentra en bosques primarios y secundarios, a altitudes que van desde los 1600 hasta los 2400 metros.

1.6. Resultados referentes a la investigación

Las investigaciones muestran que *Magnolia chiguila* destaca por sus propiedades organolépticas, según Cuasquer (2017) esta madera presenta una albura rosada clara y un duramen amarillo rojizo, con brillo medio y un veteado dorado distintivo, lo que la convierte en una alternativa prometedora para la fabricación de artesanías finas. Su textura y trabajabilidad también son adecuadas para procesos como tallado y moldeado.

En cuanto a *Salix humboldtiana* los estudios indican que esta puede ser un sustituto de maderas tradicionales más costosas o protegidas debido a su rápido crecimiento y adaptabilidad. A pesar de su menor densidad la madera se usa en productos livianos, instrumentos musicales y elementos decorativos demostrando su potencial. Además, las experiencias artesanales de comunidades indígenas y rurales refuerzan su valor tanto técnico como cultural (Pinilla et al., 2015).

En Ecuador, tres estudios realizados en distintas regiones del país por Villota (2023), Yamberla (2023), Gaibor (2023) afirman que, para determinar las propiedades físicas de la madera se consideran variables como el contenido de humedad, la densidad y la contracción. Para ello, se utilizan probetas de madera en estado verde y posteriormente en estado seco, lo que permite obtener valores representativos de la especie evaluada.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de investigación según los siguientes criterios:

La investigación se llevó a cabo con un enfoque mixto, combinando variables cualitativas (color, olor, veteado) y cuantitativas (densidad, contracción, contenido de humedad) para resolver problemas prácticos en el ámbito forestal, facilitando la selección y uso de especies de madera. Su alcance fue descriptivo, enfocándose en las características de *Salix humboldtiana* y *Magnolia chiguila*, y se realizó de forma no experimental, evaluando las propiedades de la madera sin manipulación. La recopilación de datos se hizo en un período sincrónico de 30 a 45 días en un laboratorio, lo que garantizó la confiabilidad de los resultados.

2.2. Ubicación del lugar

La investigación se llevó a cabo en el “Laboratorio de Anatomía de la Madera y Xiloteca” LAMAX y en la “Central de innovación de la madera” que se encuentran ubicados en el Campus Yuyucocha de la Universidad Técnica del Norte.

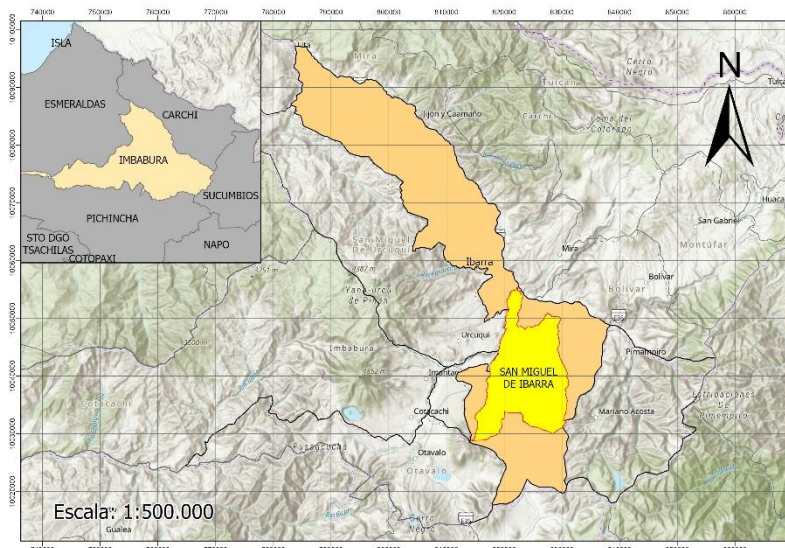
- Política: parroquia Caranqui, cantón Ibarra, provincia Imbabura.
- Geografía del sitio investigación:

Coordenadas: 0° 19' 39.90" N – 78°07'51.53" O

Mapa:

Figura 1

Mapa de ubicación del campus Yuyucocha



- Límites

Norte: Calle Armando Hidrobo

Sur: Avenida Capitán José Espinoza de los Monteros y Calle hermano Miguel

Este: Calle Flores Rúaes y un predio agrícola

Oeste: Lahar natural del Imbabura

2.3. Caracterización edafoclimática del lugar

Comunidad el Corazón, Intag

- Suelo

El suelo es de origen volcánico con depósitos limosos y arenosos, rico en materia orgánica, con pH levemente ácido (4,5 a 5,5), buen drenaje y de fertilidad media con retención de humedad de un 20-50%. En las áreas con pendientes no muy pronunciadas, la profundidad de suelo fértil es delgada.

- Clima

Temperatura media: 20 °C

Precipitación media: 3000 al año.

Humedad relativa en meses secos: 70%

Yuyucocha

- Suelo

En Yuyucocha se tiene la presencia de un suelo con las siguientes características: Textura franco arenoso y un pH de 6,75 Neutro lo que le hace apto para el uso de distintas actividades (Morales, 2013).

- Clima

Temperatura media: 18,4 °C

Precipitación media: 589,3 al año.

Humedad relativa en meses secos: 73,9% (Morales, 2013).

2.4. Materiales, equipos y software

Los materiales de campo, materiales de laboratorio, equipos y software que se emplearon en el desarrollo de la investigación están descritos en la tabla 2.

Tabla 2

Materiales, equipos y software a emplear en la investigación.

Materiales de campo	Materiales de laboratorio	Equipos	Software
Motosierra	Tabla de Munsell	Calibrador	Microsoft Excel
Cinta métrica		Balanza	Microsoft Word
Madera		Horno	
Casco de seguridad con barbilla		Canteadora	
Gafas de seguridad		Cepilladora	
Guantes		Sierra circular	
Calzado de seguridad		Torno	
Gasolina		Computadora	
Aceite 2 tiempos		Lupa	

2.5. Métodos, técnicas e instrumentos.

2.5.1. Universo-población

El universo del estudio estuvo conformado por árboles de *Salix humboldtiana* provenientes de Yuyucocha, y árboles de *Magnolia chiguila* de la parroquia de Intag, comunidad El Corazón. Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, para ellos se adaptó la norma INEN 1162, COPANT 461 y ASTM D 1666-87, en consideración de los aspectos de disponibilidad, costos y transporte de la madera.

La fiabilidad en la identificación botánica y xilológica de las especies recolectadas (*Salix humboldtiana* y *Magnolia chiguila*) se sustenta en la rigurosidad científica y el acervo de

colecciones disponibles en la región. Para este propósito, es fundamental el rol de infraestructuras especializadas, como el Herbario de la Universidad Técnica del Norte (HUTN), el cual funciona como un laboratorio de referencia indispensable para el estudio, validación y conservación de la diversidad de especies forestales del Ecuador (Paredes-Rodríguez et al., 2023).

2.5.2. Tamaño de la muestra.

En base a las normas adaptadas, para las propiedades organolépticas se usaron muestras secas de madera del árbol por cada especie (INEN 1163, 2012), para la determinación de las propiedades físicas se utilizó 49 probetas de 5x5x10cm (COPANT 459, 1972), para la trabajabilidad 45 probetas de 100x10x5 y para el tallado 2 bloques de 20x20x5 (ASTM D 1666-87), adicional se realizó una confirmación de la identificación de las especies a través de muestras botánicas.

2.6. Operacionalización de variables.

2.6.1. Descripción de las características organolépticas

- **Color:** (adimensional) Se determinó de forma visual usando la tabla de Munsell de suelos.
- **Sabor:** (adimensional) Se probó y se describió mediante el sentido del gusto el sabor (ácido, amargo, dulce o ausente).
- **Olor:** (adimensional) Se percibió y se describió mediante el sentido del olfato si es definido (aromático, desagradable) o no definido.
- **Brillo:** (adimensional) Se apreció en la sección radial, exponiendo la muestra a la luz directa y se determinó si presenta lustre bajo o lustre alto.
- **Veteado:** (adimensional) En la sección tangencial se clasificó en base a los siguientes tipos: Veteado en arcos superpuestos, en bandas paralelas, acaobado, espigado, irregulares, en ojos de perdiz o punteado.
- **Grano:** (adimensional) Se determinó por observación directa en el corte tangencial, teniendo en cuenta la siguiente clasificación: grano recto, inclinado o entrecruzado.

- **Textura:** (adimensional) Se determinó en el corte radial y tangencial. Teniendo en cuenta la clasificación, los poros se midió con ayuda de la cámara del microscopio y el celular.

Madera de textura gruesa: Diámetro de poros más de 250 micrómetros, radio leñoso grande, abundante parénquima longitudinal.

Madera de textura media: Diámetro de poros de 150-250 micrómetros, radio leñoso entre fina y gruesa, parénquima longitudinal medianamente abundante.

Madera de Textura fina: Diámetro de poros menos de 150 micrómetros, radios muy finos, abundante fibra, parénquima longitudinal escaso, en general cuyos elementos son de dimensiones muy pequeñas y se encuentran principalmente distribuidas de forma difusa en el leño, dándole una superficie homogénea y uniforme.

2.6.2. Propiedades físicas

Para determinar las propiedades físicas se usó una adaptación de la norma COPANT 459, 1972. Las 49 probetas fueron usadas para calcular todas las variables de esta propiedad por cada especie y sus datos fueron tomados simultáneamente.

Tabla 3

Numero de probetas, dimensión y orientación para las variables de las propiedades físicas.

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

Nota: T= Tangencial; R = Radial

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

Las variables fueron determinadas mediante una adaptación de la norma COPANT 460 para contenido de humedad y de la norma INEN 1162 para densidad y contracción, se utilizaron 49 probetas de 5x5x10 cm que fueron extraídas de distintos arboles de la misma especie.

Estas probetas fueron libres de defectos y tuvieron orientación tangencial/radial, repitiendo el proceso para cada especie.

- **Contenido de humedad:**

De acuerdo con la norma COPANT 460, se usaron 49 probetas de un solo árbol por cada especie, con orientación tangencial/radial y libres de defectos.

Las probetas fueron etiquetadas, medidas y pesadas en estado verde. Luego, se dejaron en el ambiente hasta que alcanzaron un peso estable, se monitoreó cada 24 horas hasta que todas las probetas presentaron pesos similares. Posteriormente, se realizó una segunda toma de datos.

Después, las probetas se colocaron en una estufa eléctrica con regulador de temperatura a 100°C durante 24 horas. Se tomaron pesos parciales cada seis horas hasta obtener dos pesos consecutivos similares, y finalmente se procedió a una tercera toma de datos.

Ecuación para la estimación de contenido de humedad%:

$$CH\% = \frac{\text{Peso en verde}(g) - \text{Peso en seco}(g)}{\text{Peso en seco}(g)} \times 100$$

Fuente: (Norma COPANT 460, 1972)

- **Densidad:**

Se realizó con base a la norma COPANT 461 y se usaron las 49 probetas del anterior ensayo.

Madera en estado verde: Se usó una balanza para saber el peso en verde (PV) y se midió con un calibrador pie de rey en tres secciones, con el fin de obtener valores de las tres caras de la probeta y así determinar el volumen en verde.

Ecuación para determinar la densidad en verde:

$$DV = \frac{\text{Peso en verde}}{\text{Volumen en verde}} \text{ g/cm}^3$$

Fuente: (Norma COPANT 461, 1972)

Madera en estado seco al aire: Se dejó las probetas al ambiente por varios días hasta que alcancen pesos consecutivos iguales.

Ecuación para determinar la densidad seca al aire:

$$DSA = \frac{\text{Peso seco al aire}}{\text{Volumen seco al aire}} \text{ g/cm}^3$$

Fuente: (Norma COPANT 461, 1972)

Madera en estado seca al horno (anhídrido): Con la ayuda de un calibrador se tomó medidas en las caras tangenciales, radiales y longitudinales en las probetas en estado anhidro, para obtener el volumen a través de la ecuación de densidad.

Ecuación para determinar la densidad en estado seco al horno:

$$DSH = \frac{\text{Peso seco al horno}}{\text{Volumen seco al horno}} \text{ g/cm}^3$$

Fuente: (Norma COPANT 461, 1972)

Densidad básica: Se tomó el peso en estado anhidro y se relacionó con el volumen en estado verde. Se codificó las tres caras de cada probeta, en las que se observó las posiciones donde se realizó la medición. Las probetas se midieron con un calibrador en las tres dimensiones. Para ello se empleó probetas en condición seca al aire.

Ecuación para determinar la densidad básica:

$$DB = \frac{\text{Peso seco al horno}}{\text{Volumen en verde}} \text{ g/cm}^3$$

Fuente: (Norma COPANT 461, 1972)

- **Contracción:**

De acuerdo con la adaptación de la norma INEN 1164, se utilizaron las 49 probetas del ensayo anterior. Se señalaron las probetas en las seis caras con la finalidad de indicar las posiciones donde se realizaron la medición y se midieron con el calibrador en las tres dimensiones de las probetas.

Dimensión longitudinal: Se realizó dos medidas perpendiculares con ayuda de un calibrador, en las caras radiales y tangenciales, la cual es desde la base inferior hacia la superior de las probetas.

Ecuación para determinar la contracción longitudinal natural:

$$CLN (\%) = \frac{DL \text{ en verde} - DL \text{ seco al aire}}{DL \text{ en verde}} \times 100$$

Fuente: (Norma INEN 1164, 1983)

Ecuación para determinar la contracción longitudinal total:

$$CLN (\%) = \frac{DL \text{ en verde} - DL \text{ seco al horno}}{DL \text{ en verde}} \times 100$$

Fuente: (Norma INEN 1164, 1983)

Dimensión radial: Con ayuda de un calibrador se realizó la medición desde la separación existente entre las diferentes caras tangenciales con una distancia de 3 cm de las bases hacia el centro de los dos extremos de la probeta.

Ecuación para determinar la contracción radial natural:

$$CRN(\%) = \frac{DR \text{ en verde} - DR \text{ seco al aire}}{DR \text{ en verde}} \times 100$$

Fuente: (Norma INEN 1164, 1983)

Ecuación para determinar la contracción radial total:

$$CRT(\%) = \frac{DR \text{ en verde} - DR \text{ seco al horno}}{DR \text{ en verde}} \times 100$$

Fuente: (Norma INEN 1164, 1983)

Dimensión tangencial: Se usó el mismo procedimiento que en la dimensión radial, y se midió en las dos caras radiales.

Ecuación para determinar la contracción tangencial natural:

$$CTN(\%) = \frac{DT \text{ en verde} - DT \text{ seco al aire}}{DT \text{ en verde}} \times 100$$

Fuente: (Norma INEN 1164, 1983)

Ecuación para determinar la contracción tangencial total:

$$CTT(\%) = \frac{DT \text{ en verde} - DT \text{ seco al horno}}{DT \text{ en verde}} \times 100$$

Fuente: (Norma INEN 1164, 1983)

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

$$C_{vt} = C_{longitudinal \text{ total}} + C_{tangencial \text{ total}} + C_{radial \text{ total}}$$

Fuente: (Norma INEN 1164, 1983)

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

Ecuación para determinar la relación tangencial/radial (%):

$$T/R = \frac{\text{Contracción tangencial total}}{\text{Contracción radial total}}$$

Fuente: (Norma INEN 1164, 1983)

2.6.3. Trabajabilidad

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

Numero de probetas, dimensión y orientación para las variables de trabajabilidad.

Ensayo	Dimensión de las probetas (cm)	Orientación	Número de probetas
Cepillado	100x10x5	T-R-O	45
Lijado	100x10x5	T-R-O	
Moldurado	100x10x5	T-R-O	
Taladro	100x10x5	T-R-O	
Torneado	15x5x5	T/R	45

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

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

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

Tabla 4

Calificación de probetas con base a sus defectos.

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

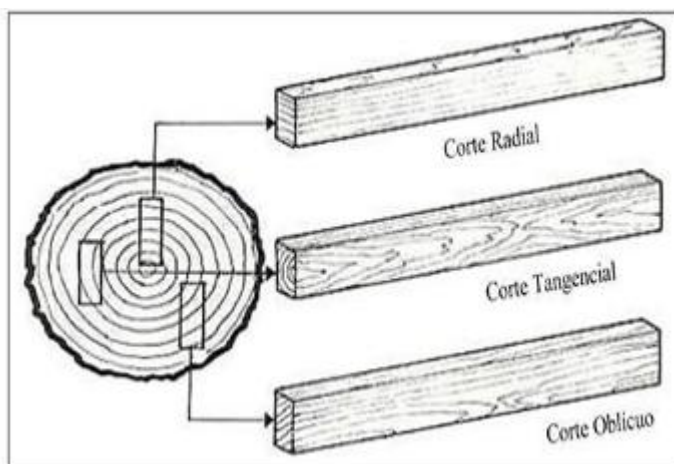
Fuente: *(ASTM, 1992).*

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

humedad estable. La orientación de cortes se puede observar en la figura 2 (COPANT 459, 1972).

Figura 2.

Orientación de cortes

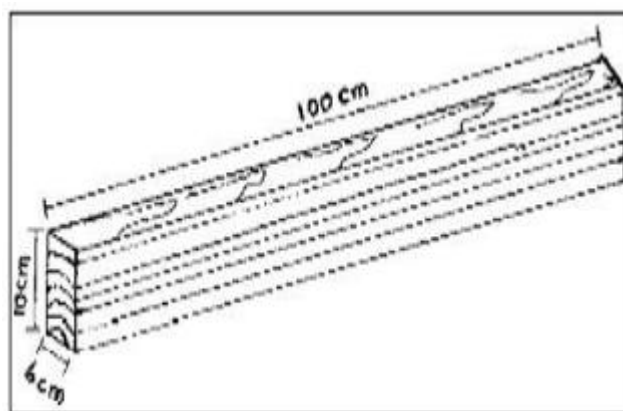


- **Cepillado**

Para realizar esta prueba se utilizó en total 45 probetas. La dimensión de la probeta se puede observar en la Figura 3 (COPANT 459, 1972).

Figura 3.

Dimensión de la probeta para cepillado



Una vez realizado el reconocimiento de las probetas, se codificó la orientación y dirección; inmediatamente se marcó con una flecha en el extremo de cada probeta para indicar la

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

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

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

Donde:

Val: velocidad de alimentación

t: tiempo por vuelta

- **Lijado**

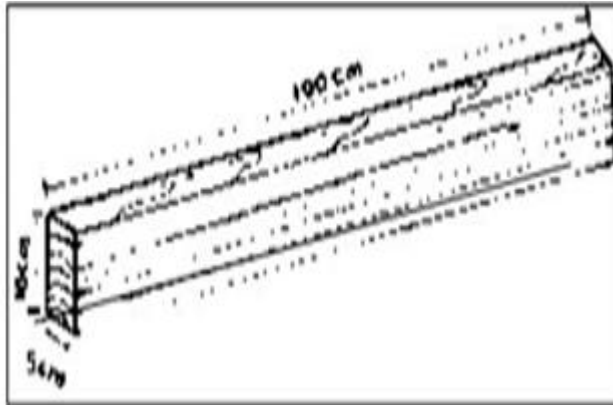
Para este ensayo se utilizó las mismas probetas del ensayo anterior, teniendo un total de 45 probetas. Para esto, se realizaron 2 etapas:

La primera con la lija número 60, la cual es más áspera y permitió alisar la superficie irregular originada por el proceso del cepillado.

El uso de una lija número 100 determinó la eficiencia, calidad y los tipos de defectos que ocasionaron los dos tipos de lijas. La dimensión de la probeta se puede observar en la Figura 4 (COPANT 459, 1972).

Figura 4.

Dimensión de la probeta para lijado



Con un calibrador digital se midió la parte media de la probeta para cuando finalice el ensayo conocer el desgaste de la misma, la probeta se lijó a favor y en contra del grano, para conocer la fricción se usó un termómetro el cual determinó la temperatura de la lija para así conocer la fricción, además mediante un calibrador se midió la velocidad de desgaste de la lija y la velocidad de ensuciamiento esto relacionado con la eliminación fácil o difícil de las partículas de madera, y por último se evaluó nuevamente la probeta con el uso del calibrador.

- **Moldurado**

En este ensayo se utilizaron las mismas probetas del lijado, (45) en total. Se pasó las probetas en la maquina ubicada en la central de innovación de la madera, se pasó a favor y en contra del grano y se calificó de acuerdo con el grano de defecto que presentó cada probeta.

- **Taladro**

Con el uso de las 45 probetas del ensayo anterior, se realizó el taladrado con una broca adecuada. Para este ensayo se ubicó un punto en cada extremo y a la distancia de 5 cm del filo de cada probeta, se efectuó dos ensayos por probeta. Mediante la aplicación de fuerza manual, se realizó la penetración con su respectiva toma del tiempo con el cronómetro.

- **Torneado**

En este ensayo se utilizaron 45 probetas en su totalidad, en las caras radiales, tangenciales y oblicuas.

Se realizó con un torno manual ubicado en la central de innovación de la maderera, se usaron 3 clases de gubias, primero se dimensionó a la probeta y se colocó en la maquina torneadora, con la gubia más grande se dio forma cilíndrica a la probeta, luego con las dos gubias restantes se procedió a dar forma y diseño a la probeta en forma de botella, comúnmente mencionadas por los carpinteros.

Finalmente, la calidad de grados de defectos se evaluó de acuerdo con la Norma ASTM D-1666-87 en la cual se tomó en cuenta el grano arrancado, grano velloso y grano levantado. La toma del porcentaje de afectación de defectos se realizó por medición directa en las zonas afectadas de cada probeta.

- **Tallado**

Se utilizó dos bloques de 20 cm de longitud, 20 cm de ancho y 5cm de espesor por cada especie. Las dimensiones del tallado dependieron del escultor, debido a que esta se puede adaptar a diferentes medidas.

Las probetas se trasladaron a los escultores en San Antonio de Ibarra. Para la evaluación se completó una ficha de calificación según la Norma ASTM D-166687 sobre el comportamiento de la madera en este proceso, la madera estuvo completamente seca, y todas las herramientas y gubias estuvieron afiladas. El tallado se realizó por un escultor experimentado y la evaluación se basó en el comportamiento de la madera detallado por la persona encargada del ensayo.

La evaluación de los ensayos se llevó a cabo según la Norma ASTM-D 1666-64 (rea probada en 2004), considerando los siguientes defectos: grano astillado, apelusado, levantado, marcas de astilla, rasgado, comprimido y rayones. Se calificó la probeta con luz natural, se evaluó la presencia y severidad de los defectos:

Tabla 5

Calificación de probetas con base a defectos presentes en el tallado.

GRADO	CLASE	DEFINICION
1	Excelente	Libre de defectos.

2	Buena	Con defectos superficiales que pueden eliminarse con una lija fina del No. 100.
3	Regular	Con defectos marcados que pueden eliminarse al utilizar una lija gruesa del No. 60 y después una fina del No. 100.
4	Pobre	Con defectos severos que para eliminarlos se requiere trabajar nuevamente la pieza de madera.
5	Muy pobre	Con defectos muy severos que para eliminarlos se requiere sanear la pieza de madera trabajada.

- **Posibles usos**

Con el fin de optimizar el aprovechamiento de la materia prima y su posterior comercialización se hizo uso de la Norma INEN 2580 -2011 para la clasificación de madera aserrada proveniente de bosques tropicales. Esta clasificación facilita la identificación de los usos más adecuados para la madera minimizando el desperdicio de piezas. Bajo esta normativa se utilizó la densidad como criterio fundamental de categorización permitiendo proponer sus usos.

Tabla 6

Clasificación de la madera con base a la densidad.

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

Fuente: (INEN 2580,2011)

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

Tabla 7*Posibles usos de la madera con base a sus defectos*

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

Una vez determinada la densidad básica y clasificarla de acuerdo con la tabla se evaluaron los defectos derivados de la constitución anatómica de las probetas, posteriormente los resultados de los ensayos de trabajabilidad permitieron definir los procesos de transformación mas adecuados y determinar los usos potenciales, finalmente la clasificación se fortaleció siguiendo los criterios establecidos por (Baluarte & Arostegui, 1991).

Tabla 8*Clasificación del comportamiento de la madera con base a la densidad y dureza.*

Grupo	Descripción
Grupo I	Comportamiento muy bueno: Para madera con densidad media, grano recto y dureza baja.
Grupo II	Comportamiento bueno: Para madera con densidad muy baja a media, grano recto, dureza muy baja a baja.

Grupo III	Comportamiento regular: Para maderas con densidad baja a alta, grano recto, entre cruzado a oblicuo, dureza muy baja a media.
Grupo IV	Comportamiento malo: Para maderas con densidad alta a muy alta, grano recto ha entrecruzado, contenido de sílice, dureza baja, alta o muy alta.

Fuente: *(INEN, 2011)*

2.7. Procedimiento y análisis de datos.

Se utilizó estadística descriptiva y la comparación entre las dos especies se realizó mediante la clasificación en las tablas antes mencionadas.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la presente investigación se obtuvo los siguientes resultados para las propiedades organolépticas, físicas y de trabajabilidad:

3.1. *Salix humboldtiana*

3.1.1. Descripción propiedades organolépticas

Se presenta los resultados obtenidos sobre las propiedades organolépticas de *Salix humboldtiana* en la tabla 9, entre ellas se destaca un color amarillento claro en la albura y en el duramen un color rojizo claro. Estas características se pueden observar en la figura 5.

Tabla 9

Propiedades organolépticas de Salix humboldtiana

Color	Albura amarillento claro (10Y, 9/6) y el duramen rojizo claro (2Y, 9/4)
Transición	Cambia gradualmente
Sabor	Ausente no distintivo
Olor	Aromático
Brillo	Opaco
Veteado	Satinado
Grano	Recto
Textura	Fina

Figura 5

Muestras organolépticas de Salix humboldtiana.



Nota. A) Poros; B) Corte radial; C) Rodaja de *Salix humboldtiana*.

Los métodos utilizados para secar la madera y para almacenar los troncos pueden ser factores que inciden en el cambio de color de la madera (Smolarek et al., 2025). Las especies de *Salix* contienen varios compuestos como flavonoides, polifenoles y terpenoides que contribuyen a su sabor y olor (Zhang et al., 2022; Zheng, 2022).

En un estudio realizado en Argentina, Villegas y Area (2009) mencionan que la presencia de manchas en la madera de *Salix alba* puede disminuir el brillo y cambiar su tonalidad, haciendo que la madera parezca menos blanca y más amarilla o roja en ciertas áreas. También mencionan que las leves diferencias en el color rojizo pueden deberse a la especie y edad de los individuos.

3.1.2. Propiedades físicas

Los resultados del ensayo que se realizó para determinar el contenido de humedad y densidad de *Salix humboldtiana* se detallan en la tabla 10, en donde se destaca una densidad básica de 0,30 g/cm³, un valor que se encuentra dentro del rango de las maderas tipo “D”, las cuales son catalogadas como muy livianas o blandas y adicional a ello se destaca un porcentaje de 121,13% de contenido de humedad.

Tabla 10

Resultados de contenido de humedad y densidad de la madera de Salix humboldtiana.

Contenido de humedad (%)	
CH%	121,13
Densidad (g/cm³)	
Densidad en verde	0,66
Densidad seca al aire	0,44
Densidad seca al horno	0,32
Densidad básica	0,30

Es importante considerar que estos datos pueden variar significativamente en las especies de sauce ya que dependen de varios factores como el diámetro y el clon con respecto a el contenido de humedad (Nielsen et al., 2015) y de igual manera factores como el suelo, aire,

humedad del suelo y la pendiente afectan directamente a su densidad. (González y Urrego, 2016).

Los resultados obtenidos de *Salix humboldtiana* son similares a los que se obtuvieron en el estudio realizado por Gao et al., (2021) en Suecia quien menciona que la densidad seca de la madera de *Salix viminalis* varía considerablemente entre 0,30 g/cm³ y 0,66 g/cm³ aproximadamente.

En cuanto a la contracción (tabla 11) esta madera destaca una relación T/R de 1,67% lo que la clasifica como estable de grado II. De igual manera la contracción volumétrica presenta un valor de 8,42% categorizándose como baja de grado II, un indicador de que su comportamiento dimensional es favorable durante el secado.

Tabla 11

Resultados de contracción de la madera de Salix humboldtiana.

Contracción (%)	
Longitudinal normal	0,38
Longitudinal total	0,38
Radial natural	1,45
Radial total	3,22
Tangencial natural	2,31
Tangencial total	5,38
Volumétrica total	8,42
Relación T/R	1,67

Un alto contenido de humedad requiere un secado cuidadoso para evitar deformaciones y defectos como grietas tanto en los extremos como en la superficie. La madera con alto contenido de humedad es propensa a hincharse y deformarse. Esto puede provocar problemas estructurales en las construcciones de madera ya que esta puede expandirse o contraerse significativamente con los cambios de humedad (Dietsch, 2015; Linkov, 2019; Wen, 20024).

Dado a que esta madera presenta una densidad baja y una estabilidad dimensional normal la hace apta para trabajos en donde no se requiera de una resistencia mecánica alta y es ideal para artesanías decorativas o juguetes.

3.1.3. Propiedades de trabajabilidad

3.1.3.1. Cepillado, lijado, moldurado y taladrado

Tabla 12

Resultados de los ensayos de trabajabilidad de Salix humboldtiana.

<i>Salix humboldtiana</i>										
Ensayo	CEPILLADO		LIJADO				MOLDURADO		TALADRADO	
	A favor	En contra	Lija N° 60		Lija N° 100		A favor	En contra	Entrada	Salida
			A favor	En contra	A favor	En contra				
Grado de defecto	1°	1° y 2°	1°	2°	1°	1°	1°	1°	1°	1° y 2°
Clasificación	Regular		Excelente a bueno		Excelente a bueno		Bueno		Bueno a regular	
Descripción	Dominancia de grano levantado, velloso y arrancado		Presencia de grano velloso y algo de grano levantado.		Predomina el grano velloso tanto a favor y en contra del grano		Se identifica grano velloso y levantado		Grano arrancado y levantado, especialmente en la salida.	

Debido a su baja densidad el comportamiento de la madera en este tipo de ensayos es particular. Por ejemplo, en el ensayo de lijado es en donde mejor responde ya que se logra superficies más llanas y se elimina en su mayoría los defectos del grano. En cambio, en el cepillado con una velocidad de alimentación de 3.73 m/min se obtuvo en su minoría superficies lisas y en los cortes tangencial, radial y oblicuo se encontraron varios defectos como grano levantado, velloso y arrancado.

En el ensayo de cepillado y moldurado las fibras se levantan y se rompen con mayor facilidad, debido a su característica ligereza. Y en cuanto al taladrado la madera tiene un buen comportamiento durante la entrada de la broca, pero tiende a astillarse ligeramente cuando esta sale (Ver anexo A).

Con base a estos resultados se puede decir que la madera de *Salix humboldtiana* es apta para trabajos de carpintería y fabricación de piezas pequeñas, sus características la hacen excelente para productos que no requieran de mayor resistencia como juguetes o artesanías decorativas para el hogar.

3.1.3.2. Torneado

Como se puede observar en la figura 6, en este ensayo, predomina el grano vellosito en grado 3°. Arrojando como resultado un comportamiento que varía entre bueno y regular. Es importante destacar que el grano vellosito y el grano levantado pueden ser corregidos o eliminados mediante el uso de una lija de porosidad fina. De esta manera, se puede mejorar la calidad de la superficie de esta muestra.

Figura 6

Defectos hallados en el ensayo de torneado.

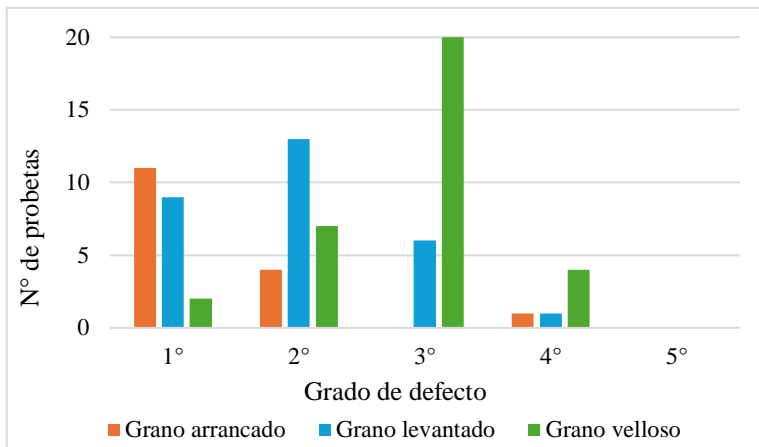
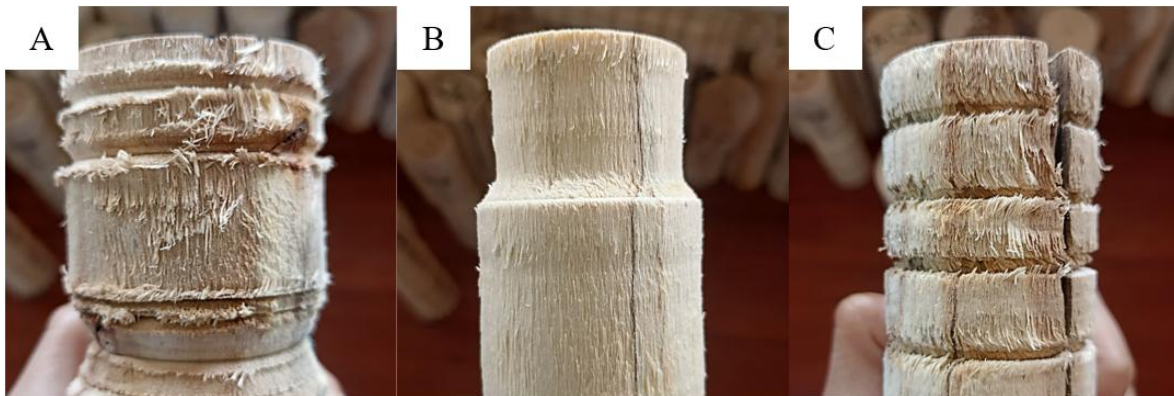


Figura 7

Probetas del ensayo de torneado.



Nota. A) Grano vellosito en 3°; B) Grano levantado en 1°; C) Grano vellosito en 2°

Con base a su comportamiento durante el ensayo esta especie se considera excelente para la creación de piezas decorativas para el hogar, sin embargo, hay que tener en cuenta que se

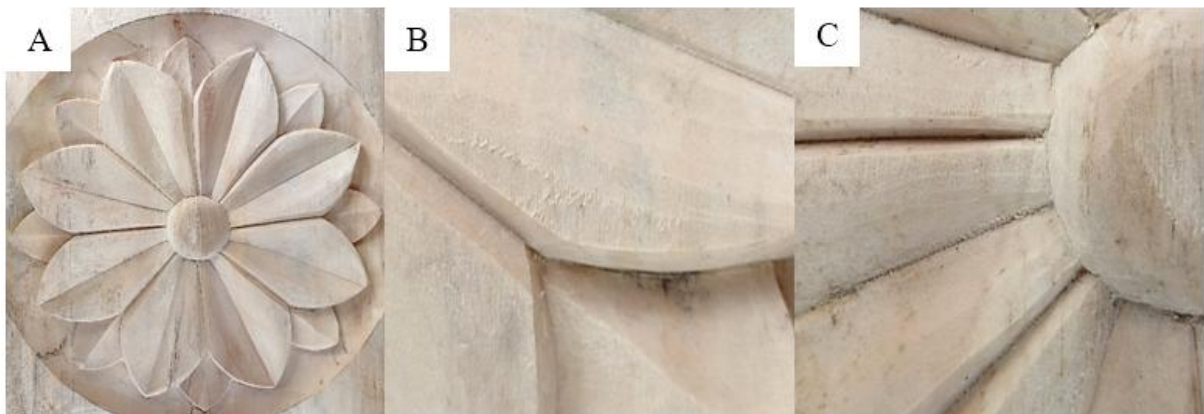
puede minimizar el desgarre de las fibras usando herramientas con filos muy bien asentados y altas velocidades de rotación.

3.1.3.3. Tallado

En la figura 8 se visualiza la probeta de tallado en la cual se identifica la presencia de grano vellosos en grado 1° y en cambio, en la figura 9 se puede observar la aparición de grano levantado y arrancado en grado 1°. Estos defectos son característicos de las maderas suaves las cuales no suelen permitir cortes limpios, por esta razón esta especie se califica como regular para procesos de tallado.

Figura 8

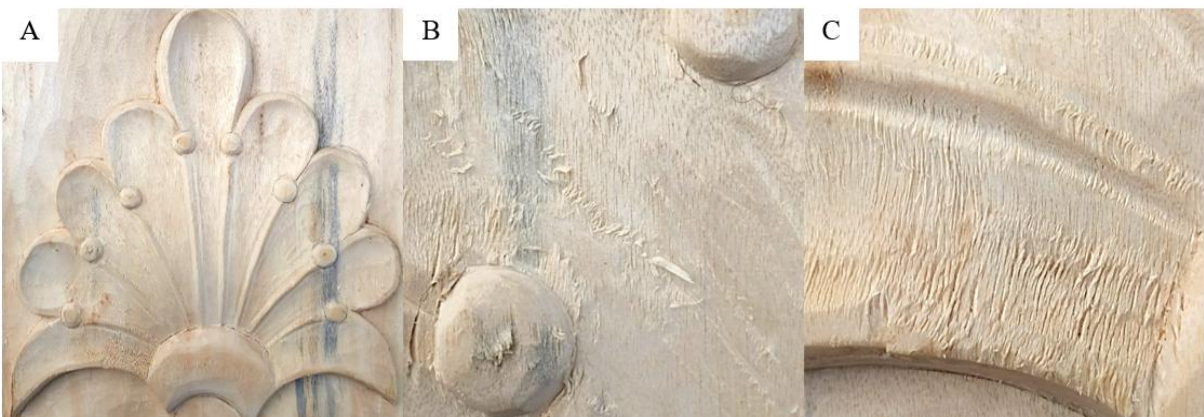
Tallado en la probeta 1 de madera de Salix humboldtiana.



Nota. A) Rosetón tallado; B) Grano vellosos en 1°; C) Grano vellosos en 1°

Figura 9

Tallado en la probeta 2 de madera de Salix humboldtiana.



Nota. A) Abanico tallado; B) Grano levantado en 1°; C) Grano arrancado en 1°

Al respecto el artesano Edison Ibadango (2026) mencionó que esta madera no es recomendable para tallados en muebles debido a su característica suavidad y en su lugar señaló que suele usarse en trabajos de torneados o en elaboración de adornos para el hogar.

3.1.3.4. Posibles usos

Con base en sus propiedades físicas y de trabajabilidad la madera de sauce se clasifica dentro del grupo “D” ya que posee una densidad básica de 0.30 g/cm³ y según la clasificación de densidad y dureza pertenece al Grupo II. Esta especie cumple los requisitos para otros usos y encofrados.

En cuanto a sus usos potenciales, es una madera apta para la fabricación de artesanías decorativas, juguetes, torneado y piezas pequeñas de carpintería, ya que estas no requieren de una alta resistencia mecánica.

3.2. *Magnolia chiguila*

3.2.1. Descripción propiedades organolépticas

Las propiedades organolépticas de *Magnolia chiguila* se detallan en la tabla 13, en donde se destaca un color amarillento suave en la albura y en el duramen se observa un color café rojizo. Esta transición entre ambos colores cambia abruptamente lo que añade un interés visual significativo la cual se puede apreciar de forma clara en la figura 10, sección B.

Tabla 13

Propiedades organolépticas de Magnolia chiguila

Color	Albura amarillento suave (2,5Y, 9/4) y duramen café rojizo (7,5Y, 3/6)
Transición	Cambia abruptamente
Sabor	Ausente no distintivo
Olor	Desagradable
Brillo	Medio
Veteado	Satinado
Grano	Recto
Textura	Media

Figura 10

Muestras organolépticas de *Magnolia chiguila*



Nota. A) Poros; B) Corte radial; C) Rodaja de *Magnolia chiguila*.

Es importante mencionar que las características organolépticas de una especie están influenciadas por factores ambientales como: el tipo de suelo, la disponibilidad de agua y las condiciones climáticas durante su crecimiento. Todos estos elementos pueden modificar no solo el color sino también el sabor y el aroma de la madera (Schweingrubert et al., 1978; Fritts, 2001; Interián-Ku et al., 2011).

Los resultados obtenidos difieren del estudio realizado por Cuasquer (2017), en donde menciona que *Magnolia chiguila* presentó diferentes características organolépticas, especialmente en el color donde la albura es rosado claro, mientras que el duramen muestra un tono amarillo rojizo, esta diferencia podría atribuirse a la edad y clima de procedencia del individuo.

3.2.2. Propiedades físicas

Las propiedades físicas de esta especie se detallan en la tabla 14 en donde se observa que la densidad básica fue de 0,48 g/cm³, un valor que se encuentra dentro del rango de las maderas tipo “C”, las cuales son catalogadas como livianas o blandas.

Tabla 14

Resultados de contenido de humedad y densidad de la madera de Magnolia chiguila.

Contenido de humedad (%)	
CH%	51,52

Densidad (g/cm³)	
Densidad en verde	0,73
Densidad seca al aire	0,60
Densidad seca al horno	0,54
Densidad básica	0,48

De acuerdo con los datos de contracción que se presentan en la tabla 15, la madera de esta especie se clasifica como estable en grado II con respecto a la relación T/R (1,75%). Por otro lado, la contracción volumétrica total fue de 11,18% clasificándose como mediana en grado III.

Tabla 15

Resultados de contracción de la madera de Magnolia chiguila.

Contracción (%)	
Longitudinal normal	0,22
Longitudinal total	0,40
Radial natural	1,52
Radial total	4,18
Tangencial natural	3,12
Tangencial total	7,31
Volumétrica total	11,18
Relación T/R	1,75

La estructura anatómica de la madera puede influir en la contracción, las maderas con una estructura equilibrada pueden presentar tasas de contracción más uniformes y bajas (Gao et al., 2022). La relación de contracción tangencial a radial (T/R) es un indicador importante de la estabilidad dimensional, relaciones más bajas sugieren mayor estabilidad (Silva et al., 2006).

Estos indicadores sugieren que, aunque experimenta cambios dimensionales moderados durante la pérdida de humedad mantiene una proporción adecuada entre sus planos radial y tangencial, lo que reduce significativamente el riesgo de deformaciones severas o grietas durante el proceso de secado.

3.2.3. Propiedades de trabajabilidad

3.2.3.1. Cepillado, lijado, moldurado y taladrado.

Tabla 16

Resultados de trabajabilidad de Magnolia chiguila.

<i>Magnolia chiguila</i>										
Ensayo	CEPILLADO		LIJADO				MOLDURADO		TALADRADO	
	A favor	En contra	Lija N° 60		Lija N° 100		A favor	En contra	Entrada	Salida
			A favor	En contra	A favor	En contra				
Grado de defecto	1°	1°	1°	1°	1°	1°	1°	1°	1°	1°
Clasificación	Excelente a bueno		Excelente a bueno		Excelente		Bueno		Excelente a bueno	
Descripción	Dominancia de grano veloso en pequeñas cantidades.		Dominancia de grano veloso en 1° grado		Predomina el grano veloso en 1° grado		Dominancia de grano levantado.		Dominancia de grano arrancado, especialmente en la salida.	

La madera de *Magnolia chiguila* posee una densidad media esto hace que las herramientas de corte no desgarran la fibra con facilidad, logrando superficies lisas y limpias (Bonduelle et al., 2015; Romero et al., 2024).

Los resultados en los ensayos de cepillado y moldurado son excelentes presentando defectos mínimos en el grano. Durante el cepillado, con una velocidad de alimentación de 3.62m/min se obtuvieron superficies bastante lisas en los cortes radial, tangencial y oblicuo, aunque en la cara oblicua se identificaron defectos adicionales como grano arrancado.

En cuanto al taladrado esta madera mantiene una alta precisión tanto al ingreso como a la salida de la broca y, por último, el ensayo de lijado fue el proceso donde la madera mostró su mejor respuesta, al utilizar la lija N° 100 se logró eliminar los defectos del grano en su totalidad obteniendo piezas con una superficie completamente lisa, cabe mencionar que las probetas presentaron un desgaste del 5% (Ver anexo B).

Esta especie es apta para todo tipo de trabajos de carpintería fina y construcción, su estructura firme la hace mucho más resistente a los defectos comunes que presentan las maderas blandas, esta madera es ideal para procesos mecánicos que requieren mayor precisión como

el moldurado decorativo o piezas que necesiten perforaciones limpias. Gracias a que sus pocos defectos se eliminan fácilmente con un lijado suave.

El comportamiento de la madera frente a los procesos de maquinado es un factor decisivo para su clasificación comercial. Al igual que el nogal (*Juglans neotropica*), una especie referente en la región que destaca por su excelente respuesta al moldurado y lijado permitiendo acabados de alta calidad para mueblería fina (Villota-Guerrón et al., 2024), *Magnolia chiguila* exhibe un comportamiento físico-mecánico favorable que la posiciona como una alternativa silvicultural e industrial altamente viable para los artesanos locales.

3.2.3.2. Torneado

En la figura 11 se aprecia que la muestra presenta grano arrancado y levantado en grado 1°. Esta clasificación sitúa el comportamiento de la madera en un rango de excelente a bueno,

teniendo en cuenta que estos defectos al ser superficiales pueden ser eliminados con ayuda de la lija de grano fino.

Figura 11

Defectos hallados en el ensayo de torneado de Magnolia chiguila.

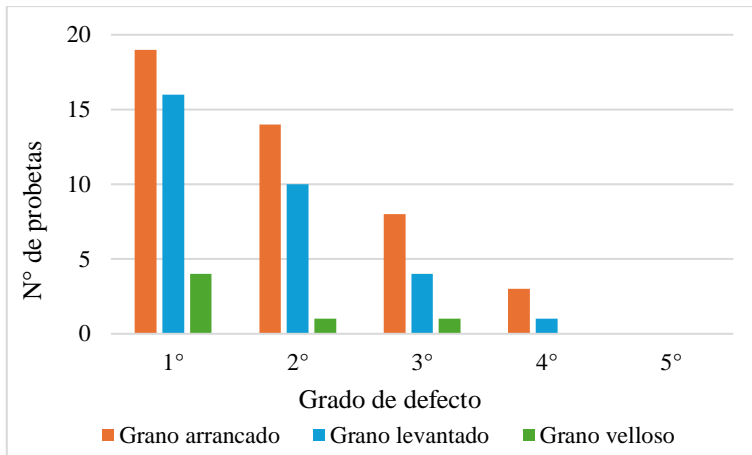
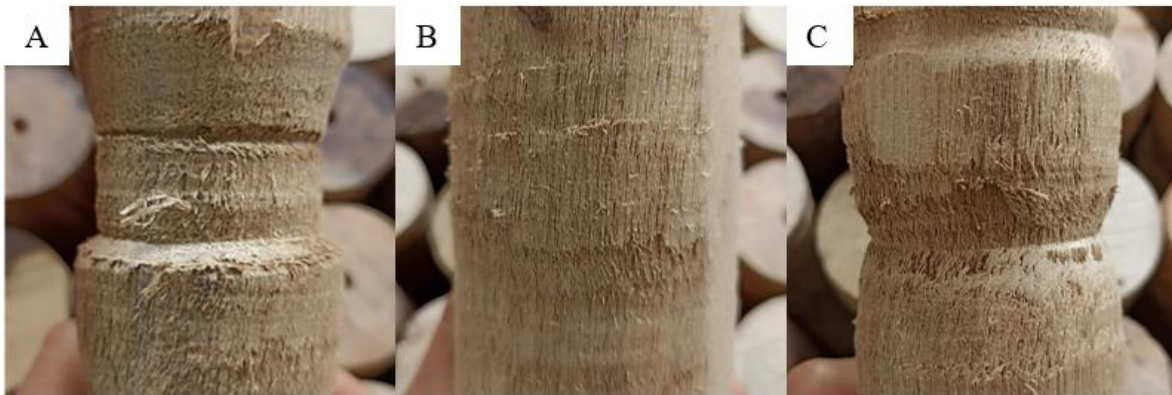


Figura 12

Probetas del ensayo de torneado de Magnolia chiguila.



Nota. A) Grano levantado en 3°; B) Grano levantado en 1°; C) Grano arrancado en 3°.

La madera de *Magnolia chiguila* demuestra ser apta para el torneado, si bien su dureza exige el uso de herramientas con filos de alta resistencia y un control de velocidades de rotación para evitar el recalentamiento, los defectos mínimos observados confirman que es un material ideal para la fabricación de artículos como utensilios de cocina, mangos de herramientas y elementos decorativos.

3.2.3.3. Tallado

En las figuras 13 y 14 se visualizan las probetas de tallado en las cuales se identifican defectos como grano levantado y arrancado en grado 1°, un defecto característico de las maderas duras y con base a ello esta madera se califica como excelente para el tallado.

Figura 13

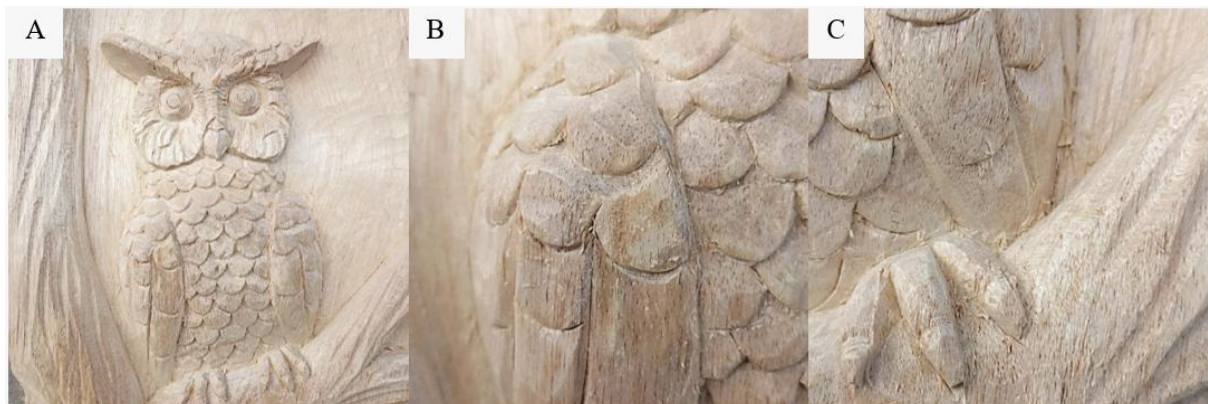
Tallado en la probeta 1 de madera de Magnolia chiguila.



Nota. A) Rosetón tallado; B) Grano levantado en 1°; C) Grano arrancado en 1°

Figura 14

Tallado en la probeta 2 de madera de Magnolia chiguila.



Nota. A) Búho tallado; B) Grano levantado en 1°; C) Grano arrancado en 1°

El artesano Edison Ibadango (2026) recomienda el uso de esta madera debido a su dureza la cual permite obtener terminados de excelente calidad en tallados para muebles y así mismo

señaló que debido a su resistencia y estética es ideal para la fabricación de puertas, ventanas y pasamos dentro de la mueblería recta.

3.2.3.4. Posibles usos

Con base a sus propiedades físicas y de trabajabilidad *Magnolia chiguila* se clasifica como una madera de tipo “C” ya que posee una densidad básica de 0.48 g/cm^3 y según la clasificación de densidad y dureza pertenece al Grupo I, esta especie destaca por no presentar defectos significativos durante los ensayos de trabajabilidad, cumpliendo con los estándares para estructuras, recubrimiento y muebles, lo que la hace ideal para procesos que requieren alta precisión técnica.

Al respecto, Agila et al. (2018) señala que el uso correcto de la madera depende directamente de las propiedades organolépticas, físicas y anatómicas. En el caso de esta especie, su estructura firme y su resistencia la hacen recomendable para la carpintería fina y fabricación de muebles tallados.

A si mismo Moya et al. (2025) menciona que la trabajabilidad y las propiedades estéticas de las maderas con esta característica se usan en artesanías y aplicaciones decorativas. Gracias a su excelente comportamiento al acabado la convierte en una opción preferencial para piezas decorativas que buscan una superficie totalmente lisa.

Por comparación, la madera de teca cuenta con una densidad básica de 0.45 g/cm^3 y es adecuada para la fabricación de muebles, esta se caracteriza por su fácil trabajabilidad y acabados, cuenta con una moderada resistencia al ataque de termitas y presenta buenas cualidades estéticas (Benigno et al., 2015).

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Con base a la tabla de Munsell la madera de *Salix humboldtiana* se caracteriza por presentar un color amarillento claro en la albura y un color rojizo claro en el duramen. Mientras que la madera de *Magnolia chiguila* presenta una albura de color amarillento suave y un duramen café rojizo.
- *Salix humboldtiana* destaca por poseer un olor aromático distintivo aun que su sabor es ausente, por el contrario, *Magnolia chiguila* no presenta un olor ni un sabor distintivo que la identifique.
- En relación a las propiedades físicas, se determinó que *Salix humboldtiana* es una madera muy liviana y registra una densidad básica de 0.30 g/cm^3 , mientras que *Magnolia chiguila* se categorizó como una madera liviana con una densidad básica de 0.48 g/cm^3 .
- De acuerdo con los ensayos de trabajabilidad y tallado ambas especies son adecuadas para la elaboración de artesanía, la diferencia se encuentra en que *Salix humboldtiana* es optima para piezas torneadas, artesanías pequeñas y decorativas mientras que *Magnolia chiguila* es ideal para muebles, artesanías y piezas decorativas talladas.

Recomendaciones

- Dar a conocer los resultados de la presente investigación a productores de madera y artesanos para que puedan generar mayores ingresos económicos y maximizar la rentabilidad del uso de la madera de estas dos especies.
- Continuar con investigaciones sobre estas especies como es el análisis de las propiedades mecánicas.
- Para realizar los ensayos hay que tener en cuenta que los materiales y equipos se encuentren en buen estado y la madera este completamente seca para así obtener mejores resultados en cuanto a trabajabilidad.

Referencias Bibliográficas

- Acosta, I. (2024). ¿Cuál es la relación entre la contracción radial y tangencial de la madera? *MADERIA.es*. https://maderia.es/cual-es-la-relacion-entre-la-contraccion-radial-y-tangencial-de-la-madera/?expand_article=1
- Agila, S., Burneo, A., Narvaes, L., & Pucha-Cofrep, D. (2018). Propiedades físicas y características anatómicas de la madera de tres especies de Guayacán al sur de Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 8(2), 1–15.
- Aguilar, P. Guzowski, E. (2011). Materiales y materias primas. Madera. Capítulo 3. Ministerio de Educación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica. Saavedra 789. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. República Argentina. 27 pp
- Amigo, J. 2018. Contribuciones sobre el género *Salix* (Salicaceae) en Chile. *Chloris Chilensis*, Año 21, N° 2. URL :// www.chlorischile.cl
- Ananías Abuter, R. A. (1989). Variabilidad de la densidad básica y la contracción en madera de aramo australiano (*Acacia melanoxylon* R.Br.). *Ciencia & Investigación Forestal*, 3(1), 118–130. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.1989.115>
- Armijos, A., Alvarado, J., Quito, J., León, T., & Guamán, L. (2017). Anatomía de la madera de diez especies forestales de bosque andino del sur del Ecuador. *CEDAMAZ*, 83-95.
- Artesanías de Colombia SA. (2015). Protocolo de Uso y Aprovechamiento del Sauce en la Actividad Artesanal. <https://core.ac.uk/download/pdf/52156344.pdf>

- Barba Paredes, M. S. (2021). Descripción anatómica y organoléptica de la madera de cinco especies forestales procedentes del sector hispano, parroquia Ávila Huiruno, cantón Loreto provincia de Orellana. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*
- Barnett, J., y Jeronimidis, G. (2003). Wood Quality and its Biological Basis. *CRC Press*.
<https://download.e-bookshelf.de/download/0000/5973/78/L-G-0000597378-0015298753.pdf>
- Barrios, P. (2015). Normas copant. Obtenido de Scribd:
<https://es.scribd.com/doc/267729920/NormasCopant>
- Basri, E. & Pari, R. (2019). Moisture-content based on drying schedule of seven Indonesian woods species. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **359** 012011.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/359/1/012011/pdf>
- Bautista, D. (1990). Tallado en madera. *CEDLA*. https://cedla.org/producto/tallado-en-madera-manual-practico/?utm_source
- Betancur Salgado, CA, Herrera B., JF & Mejía Mesa, LC (2000). Estudio de las propiedades físicas y mecánicas, trabajabilidad y secado de la teca (*Tectona grandis* Lf) de Puerto libertador (Córdoba). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* , 53 (1), 913–939. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24068>
- Buenga Lelo, F. N., Álvarez Lazo, D., Domingos Sebastián, J., Gómez Marín, R. J., & Rondón González, D. N. (2023). Análisis de la utilización de la madera para la producción de muebles en Cabinda, Angola. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 11(3).

- Burga, D. (2022). Determinación de los esfuerzos admisibles de la madera sauce “*Salix alba*” en relación con su edad, C.P. Cabracancha, Chota, 2020 [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. *Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca, Perú.*
- Cartuche, K. (2022). Caracterización de la madera de 95 especies forestales del sur de Ecuador con base a sus propiedades físicas, organolépticas y anatómicas. *Universidad Nacional de Loja.*
- Carvajal-Benavides, J. G., Paredes-Rodríguez, H. O., Villalba-Flores, E. A., Cifuentes-Vásquez, J. K., Alemán-Chamorro, Y. E., & Colimba, J. J. (2025). Evaluación Xilológica Multiescala de cinco Especies Forestales Comerciales del Ecuador: Un Enfoque hacia la Biotecnología de Materiales Naturales. *Innova Science Journal*, 3(3), 46-71. <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v3/n3/69>
- Carvajal-Benavides, J. G., Sono Toledo, D. D., Arcos Unigarro, C. R., Basantes Vizcaíno, T. F., Paredes Rodríguez, H. O., & Varela Jácome, G. D. (2023). Caracterización de las propiedades organoléptica y anatómica de *Juglans Neotropica* DIELS, (NOGAL) en la provincia de Imbabura. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(6), 647-659.
- Chávez, J. (2020). Trabajabilidad de la madera. *Scribd*. <https://es.scribd.com/presentation/472245426/trabajabilidad-de-la-madera>
- Chila Tenorio, J. (2020). Descripción organoléptica y anatómica de la madera de cinco especies forestales, procedentes de la parroquia Tabiazo, cantón Esmeraldas,

provincia de Esmeraldas. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba.*
<https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15803>

Cobas, A. C., y Tortoriello, M. (2024). Caracterización tecnológica: edad de transición y análisis de la densidad y propiedades mecánicas en madera de *Salix* sp. *FAVE.*, 23(23), e0025. <https://doi.org/10.14409/fa.2024.23.e0025>

Cuasquer, J. (2017). Descripción anatómica y organoléptica de tres especies maderables de la zona de Intag noroccidente de Ecuador. *Repositorio de la Universidad Técnica del Norte.*

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

Dietsch, P., Franke, S., Franke, B., Gamper, A., & Winter, S. (2015). Methods to determine wood moisture content and their applicability in monitoring concepts. *Journal of Civil Structural Health Monitoring*, 5(2), 115–127. <https://doi.org/10.1007/s13349-014-0082-7>

Fernandez Z, F. H., León M., J. A., Huaccha C., A. E., y Aguirre De los Ríos, F. F. (2023). Propiedades organolépticas, físicas y mecánicas de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken de parcelas agroforestales en Jaén, Cajamarca. *Revista Científica Pakamuros*, 7(1). <https://doi.org/10.37787/4fgnsp86>

Fritts, H. C. (2001). Tree rings and climate. *Journal of Quaternary Science.*

Gaibor, M, (2023). Descripción de las propiedades físicas de la madera de *Piptocoma discolor* (kunth) *pruski* (pigüe) procedente de cuatro pisos altitudinales. *Escuela*

- Gao, J., Jebrane, M., Terziev, N., & Daniel, G. (2021). Evaluation of Wood Quality Traits in *Salix viminalis* Useful for Biofuels: Characterization and Method Development. *Forests*, 12(8), 1048. <https://doi.org/10.3390/f12081048>
- Gao, Y., Fu, Z., Zhou, Y., Gao, X., Zhou, F., & Cao, H. (2022). Moisture-Related Shrinkage Behavior of Wood at Macroscale and Cellular Level. *Polymers*, 14(22), 5045. <https://doi.org/10.3390/polym14225045>
- González, M. S., & Urrego Giraldo, L. E. (2016). Habitat and conservation status of molinillo (*Magnolia sambuensis*) and laurel arenillo (*Magnolia katorum*), two endangered species from the lowland, Colombia. *Tropical Conservation Science*, 9(3), 194008291666733. <https://doi.org/10.1177/1940082916667337>
- Hernández, S. D. R. Á., Merlo, O. X. T., & Guerrero, M. S. C. (2023). El impacto de la producción artesanal de tallados en madera en el desarrollo local de San Antonio de Ibarra. *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*. <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/611d3d32-5e08-4eb0-a289-be731a3a314c/content?utm>
- Ibáñez, C., Mantero, C., Bianchi, M., & Kartal, N. (2009). Madera, biodeterioro y preservantes. *Hemisferio Sur, Montevideo* ISBN 9789974005877.
- INEN. (2011). Instituto Ecuatoriano de Normalización (1158, 1159, 1160, 1161, 1162, 1164).

https://www.obraspublicas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/04/LOTAIP_2015_reglamento-tecnico-ecuatorianorte-inen-004-1-2011.pdf

Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, (2020). El Tallado de San Antonio de Ibarra, patrimonio cultural inmaterial del Ecuador. <https://www.patrimoniocultural.gob.ec/el-tallado-de-san-antonio-de-ibarra-patrimonio-cultural-inmaterial-del-ecuador/>

Interián-Ku, V. M., Borja de la Rosa, M. A., Valdez-Hernández, J. I., García-Moya, E., Romero-Manzanares, A., & Vaquera-Huerta, H. (2011). Características anatómicas y propiedades físicas de la madera de *Caesalpinia gaumeri* Greenm en Dzan, Yucatán. *Madera y Bosques*, 17(1), 23-36.

Kus Sahin, C., Topay, M., & Ali Var, A. (2020). A study on suitability of some wood species for landscape applications: Surface color, hardness and roughness changes at outdoor conditions. *Wood Research*, 65(3), 395–404. <https://doi.org/10.37763/wr.1336-4561/65.3.395404>

Lazos-Ruíz, A., Moreno-Casasola, P., SergioGuevara, S., Gallardo, C., & Galante, E. (2016). El uso de los árboles en Jamapa, tradiciones en un territorio deforestado. *Madera y bosques*, 22(1), 17–36. <https://doi.org/10.21829/MYB.2016.221475>

Linkov, V. (2019). The effect of humidity on the operation of wooden beams of a composite section on compliant couplings without the use of glue. *E3S Web of Conferences*, 91, 02033. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199102033>

- Loperfido, M. A., Bonomo, M., y Brea, M. (2024). Los usos prehispánicos de las maderas en el curso inferior del río Paraná: el caso del sitio arqueológico Cerro de las Pajas Blancas 1 (departamento San Jerónimo, Santa Fe). *Revista del Museo de Antropología*, 17(2), 401–418. <https://doi.org/10.31048/1852.4826.v17.n2.43704>
- Mediavilla, F. (2016). Propiedades físicas, químicas y de trabajabilidad de la madera de *Alnus nepalensis* D. Don en Intag, zona andina del Ecuador. *Repositorio Universidad Técnica del Norte*
- Merino López, J. A. ., Yaguache Ordóñez, L. A. ., & Ruales Segarra, M. G. . (2023). Ensayos para evaluar la trabajabilidad de la madera de *Alnus nepalensis* D. Don. *Ciencia Y Tecnología*, 16(2), 25–34. <https://doi.org/10.18779/cyt.v16i2.640>
- Morales, C. (2013). Datos de Yuyucocha. *Scribd*. Obtenido de: <https://es.scribd.com/document/149344219/Datos-de-Yuyucocha>
- Moya, R., Tenorio, C., & Sáenz-Muñoz, M. (2025). Woods used in the fabrication of handicrafts for tourism in Costa Rica: Species, density, colour, precedence and workability. *International Wood Products Journal*, 20426445251404742. <https://doi.org/10.1177/20426445251404742>
- Nielsen, H. K., Lærke, P. E., Liu, N., & Jørgensen, U. (2015). Sampling procedure in a willow plantation for estimation of moisture content. *Biomass & Bioenergy*, 78, 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.03.028>
- Paredes-Rodríguez, H. O., Rosales Enríquez, O. A., León-Espinoza, M. E., Varela Jácome, G. D., & Carvajal-Benavides, J. G. (2023). Herbario universidad técnica del norte

- HUTN, un laboratorio para conocer la diversidad de especies forestales del Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 1167-1184. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6262
- Pérez-Peña, N., Valenzuel, L., Diaz-vaz, J., y Ananías, R. (2011). Predicción del contenido de humedad de equilibrio de la madera en función del peso específico de la pared celular y variables ambientales. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 13(3), 253-266. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2011000300002>
- Pinilla Suárez, J., Chung Guin-po, P., Navarrete T., M. (2015). El Sauce chileno (*Salix humboldtiana* Willd) en la región del BioBio y su uso potencial en bosques plantados. *Santiago Chile: INFOR*. <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/20998>
- Ribas. (2017). Clasificación de la madera por su densidad. Obtenido de <https://instalaciondetarimas.com/blog/2017/04/21/la-clasificacion-de-la-madera-por-su-densidad/>
- Rivadeneira, J. (2016). El rol de la política pública para alcanzar la sostenibilidad en la extracción del recurso forestal maderable en el Ecuador. *Repositorio Pontificia Universidad Católica Del Ecuador*.
- Salazar, L. (2022). Conflicto socioambiental producto de la veda del cedro (*Cedrela odorata*) en los artesanos del gobierno autónomo descentralizado parroquial San Antonio de Ibarra y determinar estrategias. *Repositorio Universidad Técnica del Norte*.
- Schweingruber, F.H., Fritts, H.C., Bräker, O.U., Drew, L.G., Schär, E. (1978). The X-ray technique as applied to dendroclimatology. *Tree-Ring Bulletin* 38:61-91. <http://hdl.handle.net/10150/260420>

- Seguel, M. (2023). La importancia de conocer la "anatomía de la madera" para el desarrollo forestal y la conservación de los bosques. Universidad de Chile. <https://uchile.cl/u205102>
- Silva, J. de C., Oliveira, J. T. S., Xavier, B. A., & Castro, V. R. (2006). Variação da retrabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, em função da idade e da posição radial no tronco. *Revista Árvore*, 30(5), 803–810. <https://doi.org/10.1590/s0100-67622006000500014>
- Smolarek, E., Kowalska, J., Pałubicki, B., & Wieruszewski, M. (2025). The Habitats of European Oak (*Quercus*) in Poland and General Oak Wood Color Issues. *Forests*, 16(7), 1063. <https://doi.org/10.3390/f16071063>
- Tamarit-Urias, J., y Fuentes-Salinas, M. (2003). Parámetros de humedad de 63 maderas latifoliadas mexicanas en función de su densidad básica. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 9(2), 155-164.
- Telles Antonio, R., Nájera Luna J. A., Alanís Rodríguez E., Aguirre Calderón O. A., Jiménez Pérez J., Gómez Cárdenas M., y Muñoz Flores H. J. (2017). Propiedades físico-mecánicas de la madera *Tectona grandis* L. f. de una plantación comercial en el estado de Michoacán. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales*, 8(40), 37–56. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i40.35>
- Tumenjargal, B., Ishiguri, F., Aiso, H., Takahashi, Y., Nezu, I., Takashima, Y., Baasan, B., Chultem, G., Ohshima, J., y Yokota, S. (2020). Physical and mechanical properties of wood and their geographic variations in *Larix sibirica* trees naturally grown in

Mongolia. *Scientific Reports*, 10(1), 12936. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69781-7>

Uranungar, E. (2013). Tallado en madera. *Formación Técnica Bolivia*
https://ftb.formaciontecnicabolivia.org/sites/default/files/publicaciones/madera01.pdf?f?utm_source

Vázquez -García, J., Neill, D., Asanza, M., Pérez, A., Arroyo, F., Dahua-Machoa, A., y Merino-Santi, R. (2016). Magnolias de Ecuador: En Riesgo de Extinción. *Universidad Estatal Amazónica* ISBN: ISBN: 978-9942-932-18-1.
<https://www.researchgate.net/publication/287488884>

Vega Britez, G. D., Elias Dacosta, L. P., Velázquez Duarte, J. A., Lesmo Duarte, N. D., y Agüero Ferreira, M. A. (2019). Physical properties of the Pinus taeda wood of the Pedro Juan Caballero District, Paraguay. *Quebracho (Santiago del Estero)*, 27(1), 37. Epub 01 de marzo de 2019. Recuperado en 07 de junio de 2025, de https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-30262019000100037&lng=es&tlng=en.

Villegas, M. y Area, M. (2009). Wood characterization of Salix. 2: Relationships between optical and other wood properties. *Forest Systems*, 18(2), 204-212.
<https://doi.org/10.5424/fs/2009182-01063>

Villota, L. (2023). Análisis de las propiedades físicas, anatómicas y trabajabilidad de la madera de *Juglans neotropica* Diels. Carchi, Ecuador. *Repositorio Universidad Técnica del Norte*

- Villota-Guerrón, E. L., Rosero Chamorro, E. G., Farias Mejía, E. A., Valencia Valenzuela, X. G., Carvajal-Benavides, J. G., & Benalcázar Villalba, S. M. (2024). Propiedades Tecnológicas de la Madera de Nogal, *Juglans Neotropica* Diels, en la Provincia Carchi, Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 1543-1573. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9549
- Viteri, B., Villalba, O., y Montesdeoca, C. (1989). Monografía de San Antonio de Ibarra. FLACSO. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/53000.pdf>
- Wen, J., Liu, W., & Zhang, M. (2024). Research Methods of Wood Moisture Absorption Characteristics. *Cailiao Daobao/Materials Reports*, 38(18), Artículo 23030197. <https://doi.org/10.11896/cldb.23030197>
- Yamberla, A. (2023). Análisis de las características anatómicas, propiedades físicas y de trabajabilidad de *Juglans neotropica* Diels., Antonio Ante, Imbabura, Ecuador. *Repositorio Universidad Técnica del Norte*
- Zhang, P., Yan, S., Korotkova, I. P., y Wang, J. (2022). Avances de la investigación sobre las funciones biológicas de las especies de sauce y sus aplicaciones en la producción ganadera y avícola. *Revista China de Nutrición Animal*, 34(8), 4783-4794. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-267x.2022.08.004>
- Zheng, P., Yang, S., y Wang, J. (2022). Avances en las funciones biológicas de las plantas de *Salix* y su aplicación en la producción ganadera y avícola. *Revista China de Nutrición Animal*. <https://www.tipress.com/zcy/article/abstract/20182432>

Zuñiga, T. (1997). Principales Estadísticas Forestales del Ecuador. Dirección General de Planificación. Quito, Ecuador.

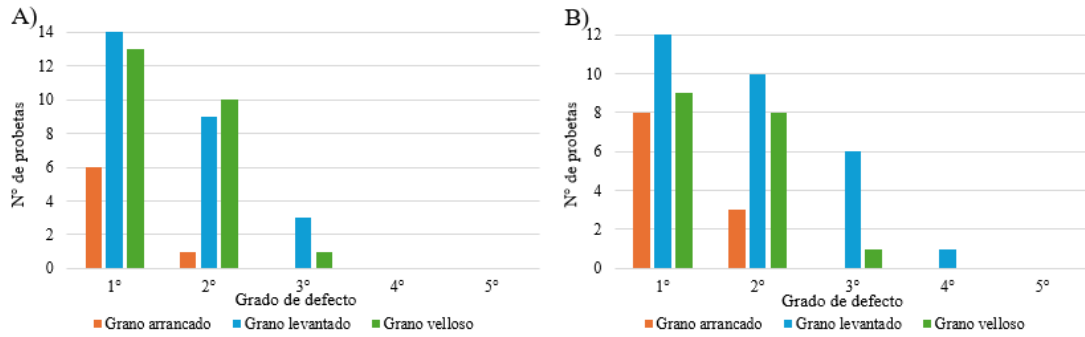
Anexos

Anexo A: Resultados de cuatro ensayos de trabajabilidad de *Salix humboldtiana*

Anexo A1: Cepillado

Figura 15

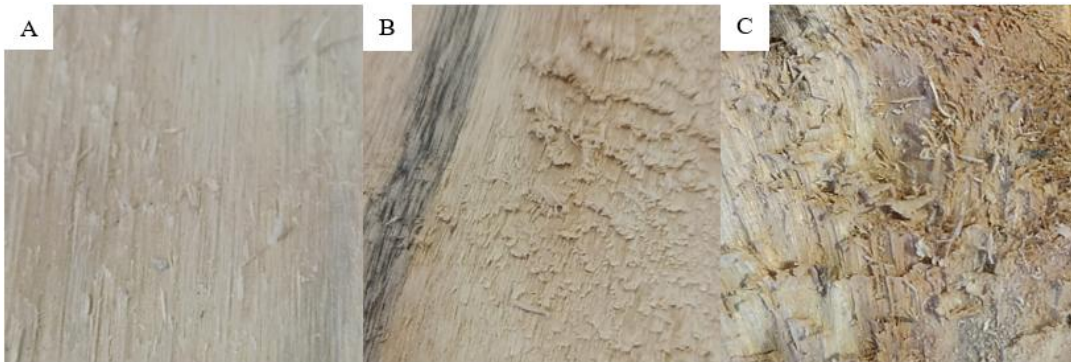
Defectos hallados en el ensayo de cepillado de *Salix humboldtiana*.



Nota. A) a favor del grano; B) en contra del grano.

Figura 16

Probetas del ensayo de cepillado de *Salix humboldtiana*.

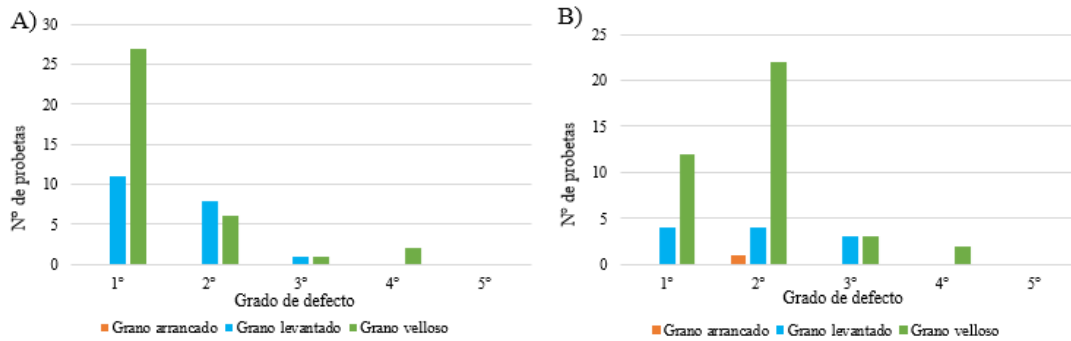


Nota. A) grano levantado en 1°; B) grano levantado en 2°; C) Grano levantado en 3°.

Anexo A2: Lijado

Figura 17

Defectos hallados en el ensayo de lijado de *Salix humboldtiana* con lija N° 60.



Nota. A) A favor del grano; B) En contra del grano.

Figura 18

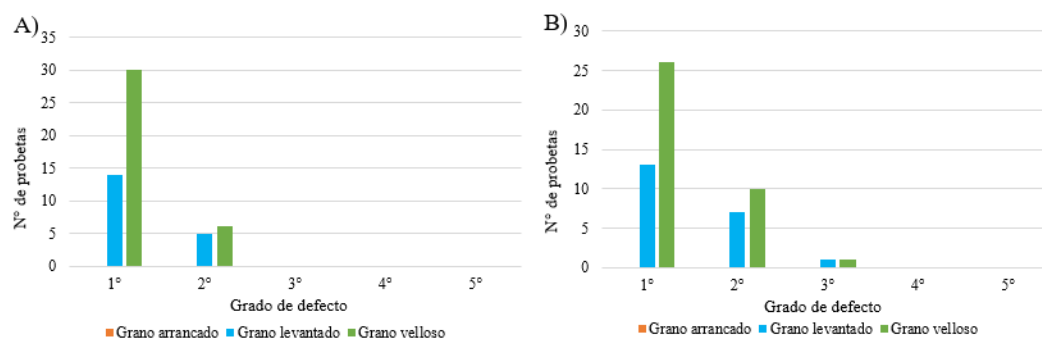
Probetas del ensayo de lijado de *Salix humboldtiana* con lija N° 60.



Nota. A) Grano levantado en 1°; B) Grano vellosito en 2°; Grano arrancado en 2°.

Figura 19

Defectos hallados en el ensayo de lijado de *Salix humboldtiana* con lija N° 100.



Nota. A) A favor del grano; B) En contra del grano.

Figura 20

Probetas del ensayo de lijado de *Salix humboldtiana* con lija N° 100.

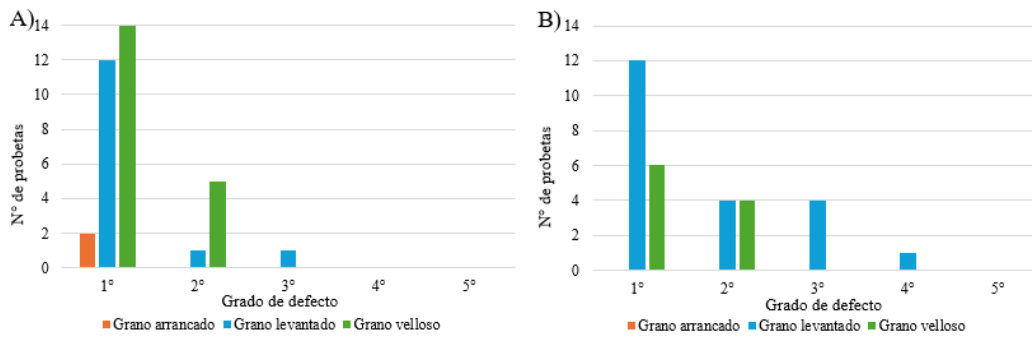


Nota. A) Grano vellosos en 1°; B) Probeta sin defectos; C) Grano levantado en 1°.

Anexo A3: Moldurado

Figura 21

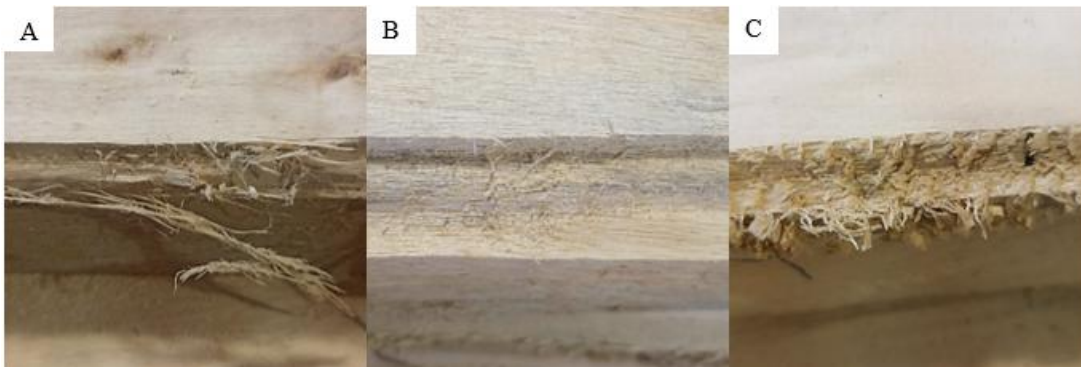
Defectos hallados en el ensayo de moldurado de *Salix humboldtiana*.



Nota. A) a favor del grano; B) en contra del grano.

Figura 22

Probetas del ensayo de moldurado de Salix humboldtiana.

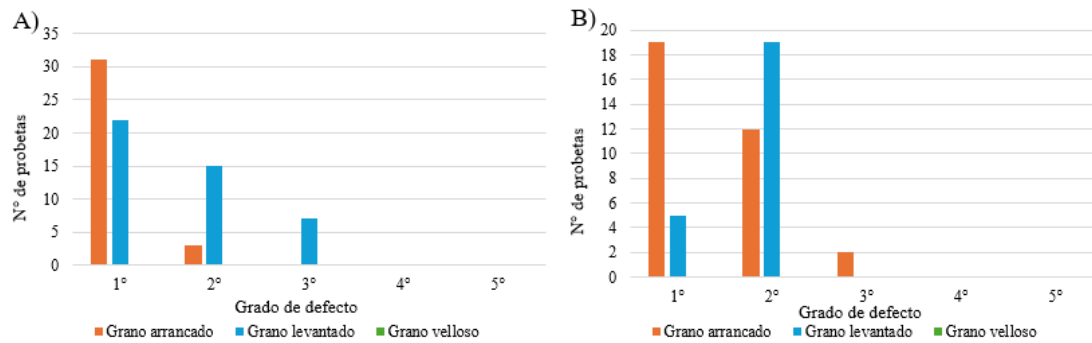


Nota. A) grano levantado en 3°; B) grano velloso en 1°; C) Grano levantado en 3°.

Anexo A4: Taladrado

Figura 23

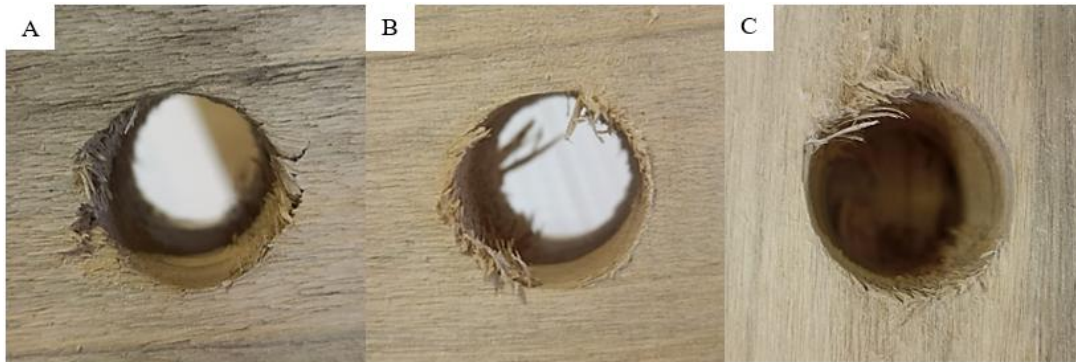
Defectos hallados en el ensayo de taladrado de Salix humboldtiana.



Nota. A) orificio de entrada; B) orificio de salida.

Figura 24

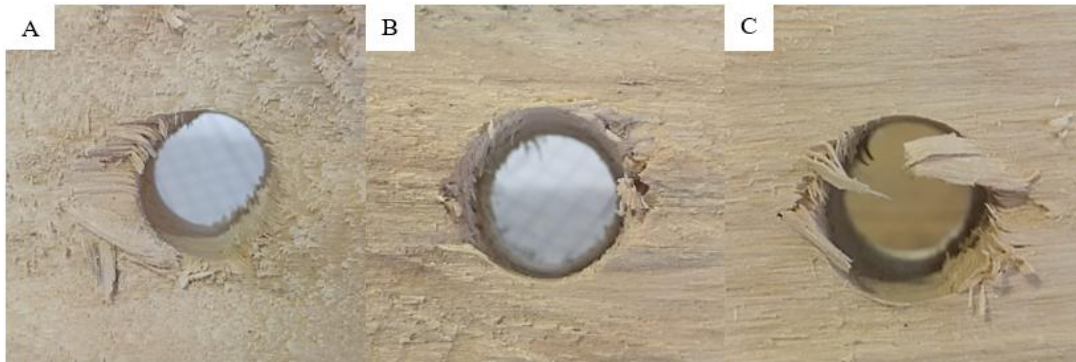
Defectos en el orificio de entrada en las probetas de Salix humboldtiana.



Nota. A) grano arrancado en 1°; B) grano levantado en 2°; C) Grano levantado en 2°.

Figura 25

Defectos en el orificio de salida en las probetas de Salix humboldtiana.



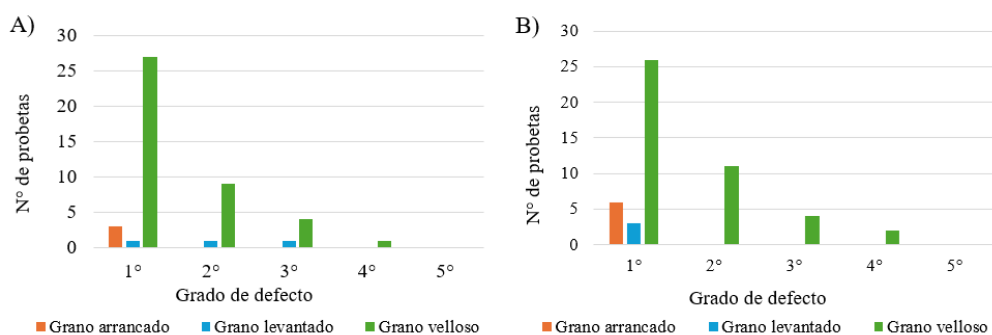
Nota. A) grano arrancado en 3°; B) grano arrancado en 1°; C) Grano levantado en 3°.

Anexo B: Resultados de cuatro ensayos de trabajabilidad de *Magnolia chiguila*

Anexo B1: Cepillado

Figura 26

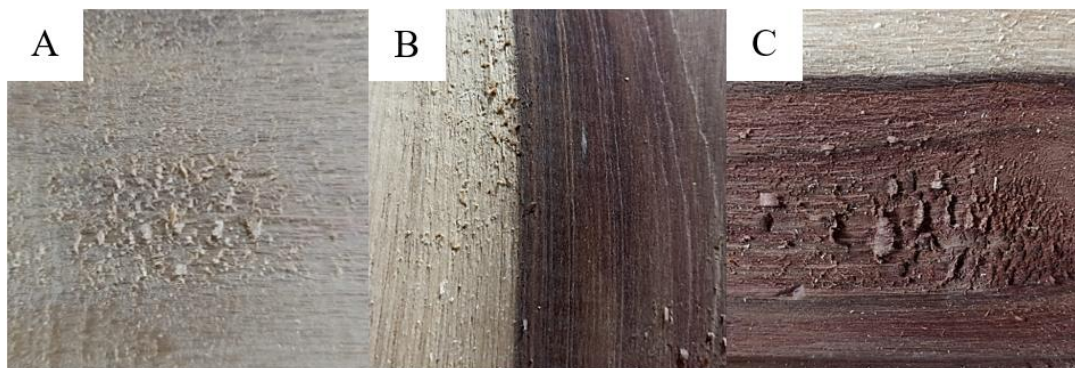
Defectos hallados en el ensayo de cepillado de *Magnolia chiguila*.



Nota. A) Defectos a favor del grano; B) Defectos en contra del grano.

Figura 27

Probetas del ensayo de cepillado de *Magnolia chiguila*.

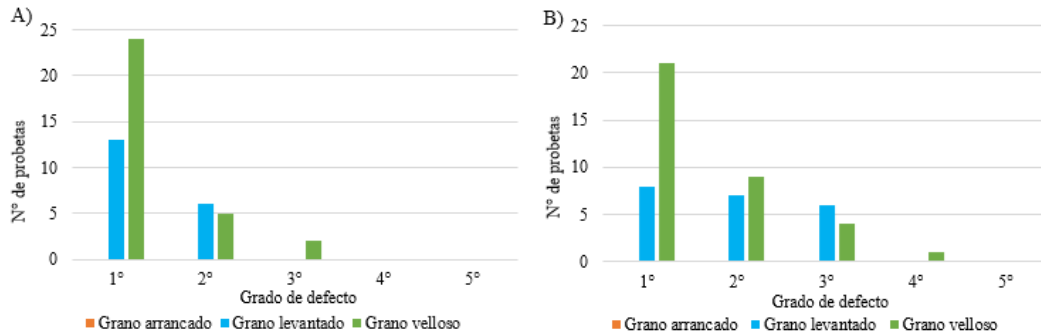


Nota. A) Grano velloso en 2°; B) Grano velloso en 1°; C) Grano velloso en 3°.

Anexo B2: Lijado

Figura 28

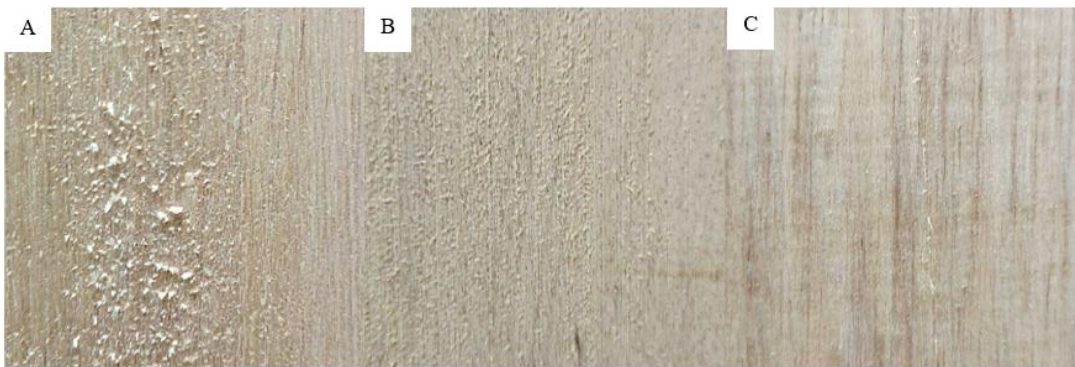
Defectos hallados en el ensayo de lijado de *Magnolia chiguila* con lija N° 60.



Nota. A) A favor del grano; B) En contra del grano.

Figura 29

Probetas del ensayo de lijado de *Magnolia chiguila* con lija N° 60.



Nota. A) Grano levantado en 3°; B) Grano vellosa en 2°; C) Grano levantado en 1°.

Figura 30

Defectos hallados en el ensayo de lijado de *Magnolia chiguila* con lija N° 100.

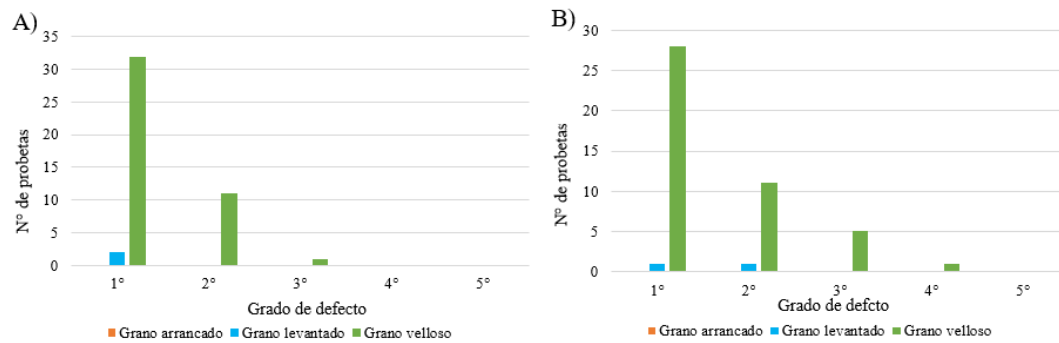
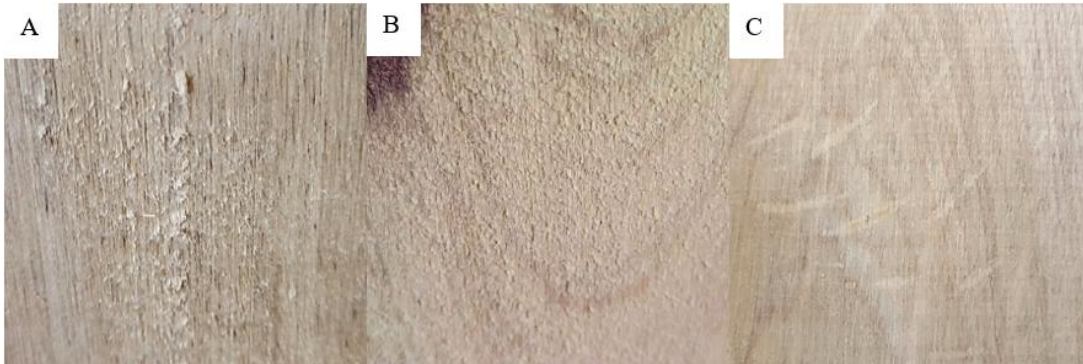


Figura 31

Probetas del ensayo de lijado de *Magnolia chiguila* con lija N° 100.

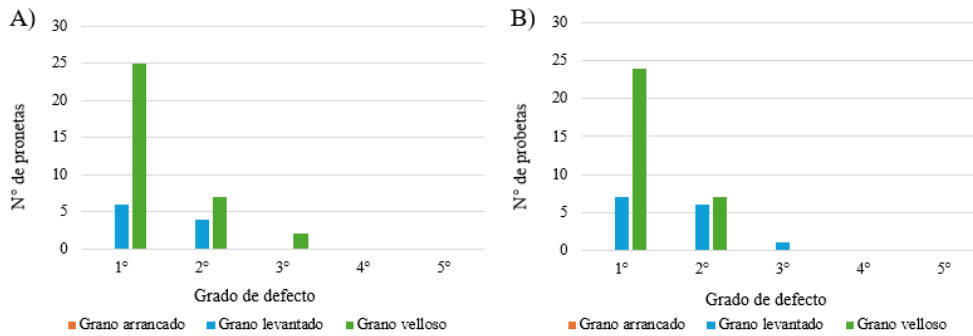


Nota. A) Grano levantado en 3°; B) Grano vellosito en 2°; C) Grano levantado en 1°.

Anexo B3: Moldurado

Figura 32

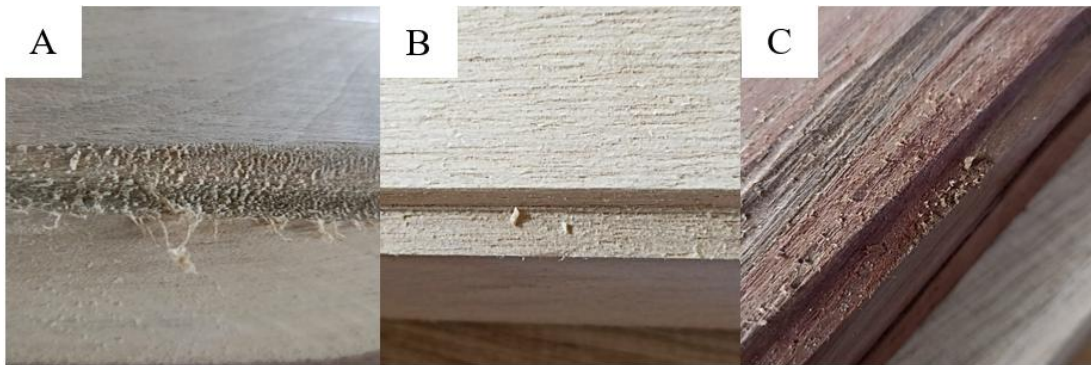
Defectos hallados en el ensayo de moldurado de *Magnolia chiguila*.



Nota. A) Defectos a favor del grano; B) Defectos en contra del grano.

Figura 33

Probetas del ensayo de moldurado de *Magnolia chiguila*.

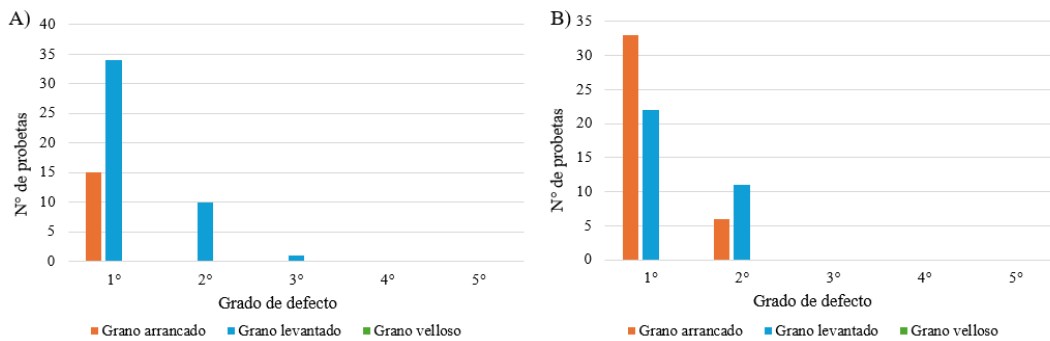


Nota. A) Grano vellosa en 3°; B) Grano vellosa en 1°; C) Grano vellosa en 2°.

Anexo B4: Taladrado

Figura 34

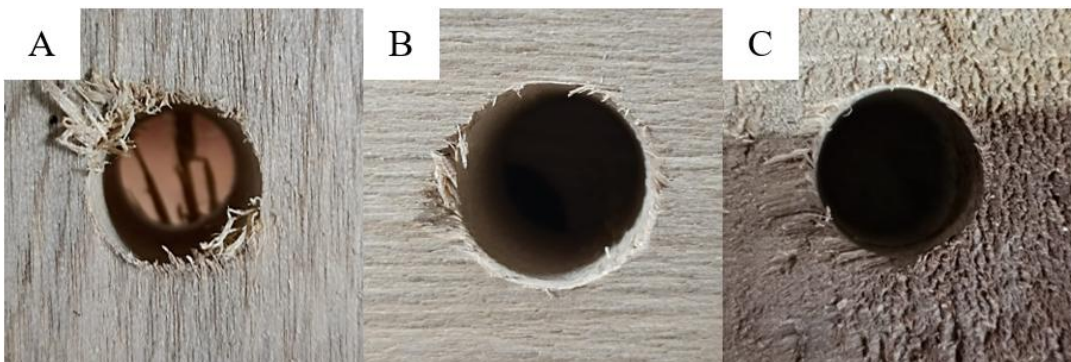
Defectos hallados en el ensayo de taladrado de *Magnolia chiguila*.



Nota. A) Defectos del grano de entrada; B) Defectos del grano de salida.

Figura 35

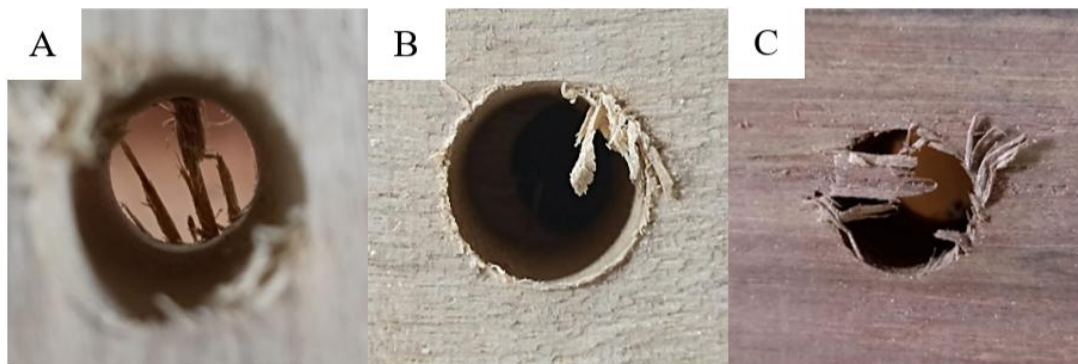
Defectos en el orificio de entrada en las probetas de *Magnolia chiguila*.



Nota: A) Grano levantado en 3°; B) Grano arrancado en 2°; C) Grano arrancado en 1°.

Figura 36

Defectos en el orificio de salida en las probetas de Magnolia chiguila.



Nota: A) Grano levantado en 3°; B) Grano levantado en 3° C) Grano levantado en 3°.

Anexo C: Fotografías de los ensayos prácticos

Figura 37

*Obtención de la madera de *Salix humboldtiana* y *Magnolia chiguila*.*



Figura 38

Desarrollo del ensayo de propiedades físicas de las dos especies.



Figura 39

Desarrollo del ensayo de torneado de las dos especies.



Figura 40

Desarrollo del ensayo de trabajabilidad de las dos especies.

