

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y USOS PROBABLES DE
LA MADERA DE *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell, SAN
IGNACIO, PERÚ 2023**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO FORESTAL**

PRESENTADO POR

Bach. JOHNNY ANTONY SÁNCHEZ CAMACHO

ASESOR

M. Sc. Ing. VITOLY BECERRA MONTALVO

JAÉN – PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Johnny Antony Sánchez Camacho
DNI: 73991393
Escuela Profesional/Unidad UNC:
Ingeniería Forestal
2. Asesor:
Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo
Facultad/Unidad UNC:
Ingeniería Forestal
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y USOS PROBABLES DE LA MADERA DE Terminalia
amazonia (J.F. Gmel.) Exell, SAN IGNACIO, PERÚ 2023
6. Fecha de evaluación: 19/07/2025
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (ORIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 24 %
9. Código Documento: oid: 3117:474844559
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 19/07/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>

_____ Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo DNI: 27727452

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



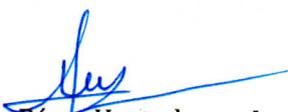
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Jaén, a los **tres** días del mes de julio del año dos mil veinticinco, se reunieron en el **Ambiente de la Sala de Docentes de Ingeniería Forestal- Filial Jaén**, los miembros del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 223-2025-FCA-UNC, de fecha 12 de mayo 2025, con el objeto, de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: "**PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y USOS PROBABLES DE LA MADERA DE *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell, SAN IGNACIO, PERÚ 2023**", ejecutado por el Bachiller en Ciencias Forestales, **Don JOHNNY ANTONY SÁNCHEZ CAMACHO**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

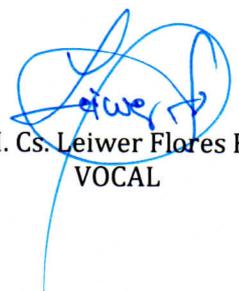
A las **dieciséis** horas y **treinta** minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando al sustentante a exponer su trabajo de Tesis y, luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación, el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **quince (15)**; por tanto, el Bachiller queda expedito para el inicio de los trámites, para que se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

A las **diecisiete** horas y **veintiséis** minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Jaén, 03 de julio de 2025.


Ing. M. Sc. Germán Pérez Hurtado
PRESIDENTE


Ing. M. Sc. Francisco Fernando Aguirre De Los Ríos
SECRETARIO


Ing. M. Cs. Leiver Flores Flores
VOCAL


Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres Orlando Americo Sanchez Linares y Felicia Camacho Zambora, que fueron mi primer motivo para lograr mis sueños y metas, que me inculcaron amor, responsabilidad, valentía y perseverancia desde pequeño para no rendirme en este corto pero arduo camino.

Johny Antony

AGRADECIMIENTO

A mi asesor el M. Sc. Ing. Vitoly Becerra Montalvo por su orientación, acompañamiento y consejos, así como a mis padres por creer en mí, a mis hermanos por su apoyo cuando más los necesite, para hacer realidad mis logros, objetivos y metas trasados por mi persona, pidiendo a dios que me ilumine como profesional al servicio de la población y por ende de mi país.

Johny Antony

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1. Antecedentes de la Investigación	11
2.2. Bases Teóricas.....	16
2.2.1. La Madera	16
2.2.2. Propiedades de la madera.....	16
2.2.3. Generalidades de la Especie <i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell	21
2.3. Definición de Términos Básicos	23
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	25
3.1. Localización de la Investigación	25
3.2. Tipo y diseño de la Investigación.....	26
3.2.1. Matriz de Operacionalización de Variables	26
3.2.2. Unidad de Análisis – Población y Muestra	26
3.2.3. Fuentes, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	27
3.2.4. Validación y Prueba de Confiabilidad de los Instrumentos	28
3.2.5. Técnica del Procesamiento y Análisis de Datos.....	28
3.2.6. Aspectos Éticos Considerados	28
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1. Resultados	30
4.2. Discusión.....	41
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
5.1. Conclusiones	45
5.2. Recomendaciones.....	46
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
CAPÍTULO VII. ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables de la investigación	26
Tabla 2. Dimensión y número de probetas para ensayos según norma técnica.....	27
Tabla 3. Propiedades físicas de la madera <i>Terminalia amazonia</i>	30
Tabla 4. Resistencia a la flexión de la madera <i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.).....	32
Tabla 5. Resistencia a la comprensión paralela de la madera de <i>Terminalia amazonia</i>	33
Tabla 6. Resistencia a la dureza de la madera de <i>Terminalia amazonia</i>	34
Tabla 7. Propiedades mecánicas de la madera de <i>Terminalia amazonia</i>	35
Tabla 8. Clasificación de las especies, según la densidad básica de la madera.....	36
Tabla 9. Clasificación de las especies, según la relación de contracciones de la madera ...	36
Tabla 10. Usos posibles de la madera de acuerdo a la densidad básica	37
Tabla 11. Grupos según densidad básica para maderas latifoliadas	37
Tabla 12. Usos estructurales de la madera de acuerdo a sus propiedades físicas y otras propiedades	38
Tabla 13. Propiedades físicas importantes de <i>Terminalia amazonia</i>	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la investigación	25
Figura 2. Densidad de la madera <i>Terminalia amazonia</i>	31
Figura 3. Contracción volumétrica de la madera <i>Terminalia amazonia</i>	31
Figura 4. Humedad de la madera <i>Terminalia amazonia</i>	32
Figura 5. Resistencia a la flexión de la madera <i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.)	33
Figura 6. Resistencia a la comprensión paralela de la madera de <i>Terminalia amazonia</i>	34
Figura 7. Resistencia a la dureza de la madera de <i>Terminalia amazonia</i>	34

RESUMEN

La presente investigación se planteó como objetivo determinar las propiedades físicas, mecánicas y usos probables de la madera de *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell. La investigación fue aplicada, descriptiva no experimental, el muestreo se realizó según la NTP 251.008, seleccionándose cinco árboles provenientes de un bosque de San Ignacio. Las probetas estándar se diseñaron en número de acuerdo a las NTP correspondientes. Se consultó literatura especializada y normas técnicas relacionadas para establecer el uso probable. Como resultados se obtuvo una densidad básica de $0,60 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, una humedad máxima de la madera de 55,09 % y una contracción 10,28 %, la Relación CT/CR fue de 2,12. Se obtuvo para flexión estática un MOR de $1\ 516 \text{ kg}/\text{cm}^2$, un MOE de $448\ 104 \text{ kg}/\text{cm}^2$ y un ELP $1\ 330 \text{ kg}/\text{cm}^2$; para la compresión paralela un MOR $521 \text{ kg}/\text{cm}^2$, un MOE de $50\ 407 \text{ kg}/\text{cm}^2$ y un ELP $443 \text{ kg}/\text{cm}^2$; para la resistencia al cizallamiento MOR de $136 \text{ kg}/\text{cm}^2$; para la compresión perpendicular un ELP de $146 \text{ kg}/\text{cm}^2$; para la dureza transversal $893 \text{ kg}/\text{cm}^2$, para la dureza radial $633 \text{ kg}/\text{cm}^2$ y para la dureza tangencial $609 \text{ kg}/\text{cm}^2$. En cuanto al uso más probable, se recomienda en estructuras, para vigas, columnas, durmientes y cerchas; también en piezas y partes de herramientas, y con un secado adecuado en carpintería de obra, interiores y pisos. Se concluye que la madera de *Terminalia amazonia*, tiene buenas propiedades físicas y mecánicas y puede ser utilizada en varias aplicaciones industriales.

Palabras clave: Madera, densidad, contracción, esfuerzo, dureza.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the physical and mechanical properties and probable uses of *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell wood. The research was applied, descriptive, non-experimental, sampling was carried out according to NTP 251.008, selecting five trees from a forest in San Ignacio. The standard test tubes were designed in number according to the corresponding NTP. Specialized literature and related technical standards were consulted to establish the probable use. The results obtained were a basic density of 0.60 g.cm^{-3} , a maximum wood moisture of 55.09 % and a contraction of 10.28 %, the CT/CR ratio was 2.12. For static bending, a MOR of $1\,516 \text{ kg/cm}^2$, a MOE of $448\,104 \text{ kg/cm}^2$ and an ELP of $1\,330 \text{ kg/cm}^2$ were obtained; for parallel compression a MOR of 521 kg/cm^2 , a MOE of $50\,407 \text{ kg/cm}^2$ and an ELP of 443 kg/cm^2 ; for shear strength MOR of 136 kg/cm^2 ; for perpendicular compression an ELP of 146 kg/cm^2 ; for transverse hardness 893 kg/cm^2 , for radial hardness 633 kg/cm^2 and for tangential hardness 609 kg/cm^2 . Regarding the most probable use, it is recommended in structures, for beams, columns, sleepers and trusses; also in parts and pieces of tools, and with adequate drying in carpentry, interiors and floors. It is concluded that the wood of *Terminalia amazonia* has good physical and mechanical properties and can be used in various industrial applications.

Keywords: Wood, density, contraction, stress, hardness.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la madera es considerada como uno de los primeros materiales utilizados por el ser humano tanto para la construcción de sus viviendas como para la fabricación de herramientas de trabajo y caza, este recurso ha sido usado por el hombre durante siglos para satisfacer sus necesidades, sin embargo en los últimos 50 años su aplicación ha ido disminuyendo debido a la aparición de otros materiales que pueden reemplazarla, además los bosques también han ido disminuyendo producto de la deforestación (Mier, 2013). Con el paso del tiempo el mundo enfrenta la problemática de la disminución de recursos maderables, así como la destrucción de los bosques.

La alta demanda de madera ha ocasionado la sobreexplotación de especies de alto valor comercial, dejando de lado otras especies que tienen propiedades similares o superiores, esto debido a la escasez de investigaciones que demuestren sus buenas características y aplicación en diferentes campos del sector forestal. Por ello, es fundamental la ampliación de estudios sobre las características físicas y mecánicas de especies forestal ya que sería un gran aporte a la industria forestal, puesto que el conocimiento de estas propiedades permite determinar los usos adecuados de las maderas y diversificar el mercado forestal (Alvarado, 2021).

En Perú se cuenta con un aproximado de 2500 especies forestales de bosques tropicales los cuales son aprovechados de manera selectiva causando la reducción de las especies más valiosas ya que se desconocen las características tecnológicas de nuevas especies que pueden mitigar el aprovechamiento selectivo (Campos, 2021). Según Ordoñez y Lugo (2016) a pesar de que Perú es el noveno país en el mundo y el segundo en América del sur con mayor potencial de bosques, el valor económico del sector forestal es bajo comparado a otros países, pues los recursos forestales son exportados sin darles valor agregado, además el uso de la madera está limitado por la escasez de estudios tecnológicos.

En San Ignacio el aprovechamiento y producción de madera se da forma habitual con la sobreexplotación de las especies más valiosas comercialmente, esto por la falta de conocimiento sobre las propiedades tecnológicas de otras especies a las que se les puede dar valor agregado. En esta provincia se encuentra la *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, una especie que ha causado mucho interés debido su gran capacidad de crecimiento

y adaptabilidad, así como también a su fácil manejo y buena productividad convirtiéndola en una especie clave para proyectos de reforestación. A pesar de ser una especie con potencial maderable cuya madera es de buena calidad todavía se presentan vacíos en el conocimiento de sus propiedades tecnológicas, así como de sus usos maderables por lo que aún no se posiciona esta madera en productos de mayor valor agregado y alto consumo en el mercado local y nacional (Bravo, 2014).

De acuerdo a esta realidad problemática se planteó realizar la presente tesis formulándose como interrogativa de investigación la siguiente: ¿Cuáles son las propiedades físicas, mecánicas y usos probables de la madera de *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell, San Ignacio, Perú 2023?. En dicho estudio se determinó las propiedades físicas, mecánicas y usos probables de la *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell con el propósito de darle mayor variedad de aplicaciones y valor agregado a la madera de dicha especie de esta forma pueda ser introducida al mercado forestal, a la vez estaría brindando viabilidad económica a las presentes y futuras plantaciones de esta especie significando una nueva alternativa para la producción, restauración, forestación y reforestación para su posterior industrialización de la madera de *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell. Además, la información generada permitirá a la industria forestal definir los mercados potenciales y procesos de transformación de la madera de *Terminalia amazonia*, por otro, se contribuiría con la ampliación de la gama de especies forestales comerciales. El desarrollo de esta investigación se hará de acuerdo a las especificaciones establecidas en las Normas Técnicas Peruanas correspondientes.

Como objetivo general se consideró: determinar las propiedades físicas, mecánicas y usos probables de la madera de *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell, San Ignacio, Perú 2023. Los objetivos específicos fueron: determinar las propiedades físicas de densidad básica, humedad de la madera y contracción de la madera de *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell; determinar las propiedades mecánicas de resistencia a la flexión estática, compresión paralela y perpendicular a la fibra, cizallamiento y dureza de la madera de *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell; proponer el uso más probable y recomendable de la madera de *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell, de acuerdo a sus propiedades físicas y mecánicas.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la Investigación

Abarca (2021) realizó un estudio en Costa Rica, en la cual determinó las propiedades, secado y trabajabilidad de la madera de clones de *Swietenia macrophylla* de 8 años, como resultados obtuvo una compresión paralela de 2,5 Mpa, el ensayo de flexión tuvo un MOR de 1 Mpa y MOE de 150 Mpa, la trabajabilidad fue muy buena y respecto al secado se presentaron algunos defectos como rajaduras, alabeo y acanaladura.

Ruíz (2020) en su investigación desarrollada en Ibarra, Ecuador, evaluó las propiedades físicas, mecánicas y trabajabilidad de la especie *Fraxinus americana* L., para ello se realizaron los ensayos según las normas de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas - COPANT, del Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización - INEN y el American Society for Testing and Materials - ASTM. Los resultados indicaron que respecto a sus propiedades físicas se obtuvo un contenido de humedad de 65,38 %, densidad básica de 0,51 gr/cm³ y la contracción volumétrica total fue 11,62 %; con relación a las propiedades mecánicas la compresión paralela y perpendicular tuvo un EFLP de 247 kg/cm² y 316 kg/cm² respectivamente, mientras que la flexión estática logró un EULP de 516,74 kg/cm², MOR de 536,26 kg/cm² y MOE de 10 815,29 kg/cm² y el cizallamiento un tuvo EM de 64,50 kg/cm². Se concluye que la madera de *Fraxinus americana* L. es de tipo “C” y puede ser utilizada en la fabricación de puertas, ventanas, utensilios de cocina, mangos de herramientas y todo tipo de mueblería lineal.

Bustos (2020) realizó un estudio en Ibarra, Ecuador, en donde evaluó las propiedades físicas, mecánica y trabajabilidad de la madera de *Eucalyptus grandis*, para ello se tuvo en cuenta las normas INEN, COPANT Y ASTM. Los resultados de las propiedades físicas indicaron un elevado contenido de humedad de 92,75 %, la densidad básica fue 0,53 g/cm³ y la contracción volumétrica total fue de 19,95 %; con relación a sus propiedades mecánicas se obtuvo para flexión estática un EULP de 428,64 kg/cm², MOR de 816,85 kg/cm² y MOE de 17 120,57 kg/cm², mientras que de cizallamiento se tuvo 129,85 kg/cm² y respecto a la trabajabilidad se estableció que la madera estudiada facilita su trabajo con maquinaria. Se concluye que la madera de *Eucalyptus grandis* puede ser utilizada en mueblería.

Céspedes y Gaitán (2020) en su tesis realizada em Colombia, determinó las propiedades físicas y mecánicas de la madera pino caribe, acacia y eucalipto, para ello se obtuvo la madera y acondicionó las probetas para los ensayos los cuales se realizaron según las normas correspondientes. Se logró obtener como resultados que la densidad de la madera seca al horno fue $0,45 \text{ g/cm}^3$, $0,72 \text{ g/cm}^3$ y $0,97 \text{ g/cm}^3$ para pino caribe, acacia y eucalipto respectivamente, el contenido de humedad seca al horno fue 21,47 %, 17,24 % y 16,38 % para eucalipto, acacia y pino caribe respectivamente, siendo el eucalipto con mayor contenido de humedad; la contracción del eucalipto fue 6,7 % y 14,2 % para radial y tangencial respectivamente, la acacia tuvo una contracción radial de 3,4 % y tangencial de 8,5 % mientras que el pino caribe presentó una contracción radial de 2,97 % y tangencial 0,47 %, con respecto a las propiedades mecánicas se obtuvo que la resistencia a la compresión paralela fue $77,14 \text{ kg/cm}^2$, $66,34 \text{ kg/cm}^2$ y $48,93 \text{ kg/cm}^2$ para pino caribe, acacia y eucalipto respectivamente; la máxima resistencia a la compresión paralela fue 400 kg/cm^2 , 320 kg/cm^2 y 240 kg/cm^2 para pino caribe, eucalipto y acacia respectivamente, la resistencia máxima a la flexión fue $792,40 \text{ kg/cm}^2$, $995,33 \text{ kg/cm}^2$, $991,87 \text{ kg/cm}^2$ para pino caribe, acacia y eucalipto respectivamente; y el cizallamiento en el plano radial fue para el Pino caribe $81,39 \text{ kg/cm}^2$, para el Eucalipto $76,17 \text{ kg/cm}^2$ y para la Acacia $69,29 \text{ kg/cm}^2$.

Feijó et al. (2019) desarrollaron un estudio en Ecuador, en la cual determinó las propiedades físicas, organolépticas, y características microscópicas de la madera de *Cinchona officinalis*, para ello se usó madera proveniente de cuatro relictos boscosos al sur de Ecuador, los ensayos fueron realizados en los laboratorios de la Universidad Nacional de Loja. Los resultados indicaron un contenido de humedad promedio de 57 % y una densidad básica entre $0,63 - 0,74 \text{ g/cm}^3$.

Silva (2021) en su tesis desarrollada en Chota evaluó los esfuerzos admisibles de la madera de *Polylepis multijuga*, para lo cual se usó una muestra de 5 árboles de 10 años, los ensayos se realizaron en las muestras en estado verde de acuerdo a las normas técnicas correspondientes. Como resultados se obtuvo los valores de $105,98 \text{ kg/cm}^2$, $66,12 \text{ kg/cm}^2$, $97,18 \text{ kg/cm}^2$, $72,60 \text{ kg/cm}^2$ y $17,60 \text{ kg/cm}^2$ para esfuerzos admisibles a flexión, tracción paralela, compresión paralela, compresión perpendicular y corte paralelo respectivamente; además se obtuvo una densidad básica promedio de 0.51 gr/cm^3 y módulo de elasticidad promedio de $90\ 030 \text{ kg/cm}^2$. El autor concluyó que la especie *Polylepis multijuga* se encuentra dentro del grupo C según la norma E.010.

Chuquimango (2020) en su investigación realizada en Chota evaluó la madera de eucalipto con fines estructurales con la finalidad de clasificarla según la norma técnica E.010, se aplicó un diseño no experimental en la cual se consideró 3 árboles como muestra de los cuales se elaboraron las probetas para los ensayos utilizando las Normas Técnicas Peruanas correspondientes. Los resultados arrojaron 0,79 g/cm³, 4,46 %, 123,3 kg/cm², 500,88 kg/cm², 745,46 kg/cm², 2 094,87 kg/cm², 54,24 kg/cm² de densidad básica, contenido de humedad promedio, cizallamiento, compresión paralela al grano, flexión estática, tensión paralela a las fibras y tensión perpendicular a las fibras respectivamente. Según los resultados el autor concluyó que la madera de eucalipto cumple con los requerimientos de la Norma E.010, para ser clasificada en el grupo estructural A.

Dávila (2020) en su trabajo de investigación realizado en Pucallpa determinó las propiedades físicas básicas de la madera de *Pterygota amazonica* LO Williams ex Dorr, luego de ejecutar los ensayos correspondientes se obtuvo como resultados que el contenido de humedad saturada fue 41,87 %, densidad saturada fue 1,01 g/cm³, densidad seca al aire fue 0,90 g/cm³, densidad seca al horno fue 0,87 g/cm³ y la densidad básica fue 0,75 g/cm³; la contracción radial fue 5,07 %, contracción tangencial fue 8,19 %, contracción longitudinal fue 0,22 % y la contracción volumétrica fue 12,99 %. Se concluye que la madera de *Pterygota amazonica* puede ser utilizada en carpintería, pasamanos, tapamarcos, barandas y zócalos.

Ccayanchira y Reyes (2019) realizaron una investigación en Huancayo en la cual caracterizaron anatómica, físico-mecánica y químicamente a la *Cedrela odorata* L. y *Terminalia oblonga* (Ruiz & Pav.), para lo cual usaron 3 árboles por especie, el acondicionamiento de las muestras y los ensayos correspondientes se realizaron tomando en cuenta las Normas Técnicas Peruanas pertinentes. Los resultados indicaron que la especie *Cedrela odorata* L. anatómicamente tuvo porosidad circular, poros solitarios, parénquima paratraqueal vasicéntrico, radios homogéneos; físicamente su contenido de humedad fue 61,05 % y la densidad básica fue 0,39 gr/cm³; mecánicamente (ELP) tuvo una flexión estática de 335,20 kg/cm², la compresión paralela fue 475,35 kg/cm² y una compresión perpendicular de 32,76 kg/cm², sus propiedades químicas fueron celulosa 50,3 %, lignina 31,5 % y extractivos 3,33 %, 2,75 %, 8,17 %, en agua caliente, agua fría y alcohol respectivamente; por su parte la especie *Terminalia oblonga* (Ruiz & Pav.) anatómicamente presenta porosidad difusa, poros solitarios, parénquima paratraqueal

aliforme confluyente, tipo de radios homocelulares, sus propiedades físicas fueron contenido de humedad 67,12 % y densidad básica 0,69 g/cm³; sus propiedades mecánicas (ELP) fueron flexión estática 669,02 kg/cm², compresión paralela 525,01 kg/cm², compresión perpendicular 70,56 kg/cm² y químicamente presentó celulosa 49,5 %, lignina 28,2 % y extractivos 4,37 %, 3,07 % y 10,40 % en agua caliente, agua fría y alcohol respectivamente.

Rubio (2019) en su tesis realizada en Huánuco analizó la densidad básica de la madera de *Socratea exorrhiza*. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo con un diseño no experimental, la muestra estuvo conformada por 15 piezas de madera, los ensayos se realizaron según la norma E.010 y Norma Técnica Peruana 251.011 – 2014. Los resultados indicaron que el contenido de humedad en estado saturada fue 44,42 % y la densidad básica promedio de la madera seco en estufa eléctrica a 103 °C fue 1,133 g/cm³. Se concluye que la madera de *Socratea exorrhiza* pertenece al grupo A según la norma E 0.10

Fernández (2018) determinó las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, para lo cual se consideró 15 árboles provenientes de parcelas agroforestales de Jaén, los ensayos se realizaron según las Normas Técnicas Peruanas correspondientes. Como resultados se obtuvo que la madera de laurel presenta una densidad básica entre 0,35 y 0,36 g/cm³, contracciones totales entre 8,26 % y 9,15 %, módulo de ruptura en compresión paralela entre 131,61 a 154,69 kg/cm² y módulo de ruptura en flexión estática entre 470,98 a 449,50 kg/cm². Se concluyó que la madera de *Cordia alliodora* pertenece al grupo II madera de baja densidad y baja resistencia.

Cartuche (2022) realizó un estudio en Ecuador en el cual caracterizó la madera de 95 especies forestales del sur de Ecuador con base a sus propiedades físicas, organolépticas y anatómicas, una de estas especies fue *Terminalia amazonia*. Luego de aplicar la metodología correspondiente se obtuvo como parte de los resultados que la especie *Terminalia amazonia* presentó un contenido de humedad de 44,13 %, densidad básica 0,68 g/cm³ y contracción volumétrica 9,99 %.

Sotomayor et al. (2003) realizaron una investigación que tuvo como objetivo proponer una clasificación mecánica de la madera de 100 especies mexicanas, entre las cuales esta *Terminalia amazonia*; como metodología se realizó una recopilación exhaustiva

de datos e información sobre propiedades mecánicas de cada una de las especies estudiada, considerando distintos autores que han publicado información referente a su caracterización tecnológica y que han utilizado distintas normas de ensayo y diferentes metodologías de evaluación. Los resultados para la especie *Terminalia amazonia* señalaron que presenta una densidad de 660 kg/m^3 ($0,66 \text{ g/cm}^3$), flexión estática (módulo de elasticidad $130\,600 \text{ kg/cm}^2$, resistencia al límite elástico 440 kg/cm^2 y resistencia a la ruptura 915 kg/cm^2), compresión paralela (módulo de elasticidad $130\,200 \text{ kg/cm}^2$, resistencia al límite elástico 270 kg/cm^2 y resistencia a la ruptura 410 kg/cm^2), compresión perpendicular (resistencia al límite elástico 410 kg/cm^2), Cortante Paralela (resistencia a la ruptura 400 kg/cm^2) y dureza (cara lateral 405 kg y cara transversal 500 kg).

Rodríguez Sánchez (2012) realizó una descripción de la especie *Terminalia amazonia* la cual fue publicada en la página de la empresa Finca Leola S.A. – Costa Rica, en dicha descripción indica que la especie presenta un contenido de humedad entre $50 - 80 \%$ y un promedio de peso específico básico de $0,68 \text{ g/cm}^3$; así mismo, señala que presenta buenas propiedades mecánicas que la convierten en una madera de excelente calidad. Además, menciona que esta madera es utilizada frecuentemente en construcción pesada tanto de exteriores como interiores, ebanistería [gabinetes, pisos (parquet) y enchapes decorativos], estructuras para puentes y botes.

Acevedo y Mendoza (2023) en su tesis de investigación evaluaron las características anatómicas, propiedades físico-mecánicas de *Terminalia amazonia* y *Virola flexuosa*. La metodología consistió en utilizar tres árboles por especie, las características anatómicas se describieron con la norma COPANT (1974) y lista estándar IAWA (1989), para las propiedades físicas se utilizó la NTP 251.010 y para las propiedades mecánicas la NTP 251.017, NTP 251.014, NTP 251.016 y NTP 251.015. Los resultados para *Terminalia amazonia* señalan que sus características anatómicas fueron: porosidad difusa, parénquima paratraqueal vasicentrico; además sus propiedades físicas fueron: contenido de humedad $29,89 \%$, densidad básica $0,63 \text{ g/cm}^3$ y contracción volumétrica de $9,54 \%$; y por último, sus propiedades mecánicas fueron: flexión estática: ELP de $924,47 \text{ kg/cm}^2$ y MOR $1\,355,54 \text{ kg/cm}^2$, dureza: lado tangencial $548,51 \text{ kg/cm}^2$ y lado radial $536,48 \text{ kg/cm}^2$, compresión perpendicular: ELP $87,06 \text{ kg/cm}^2$, y un cizallamiento de $141,41 \text{ kg/cm}^2$.

La Confederación Peruana de la Madera (2008) elaboró un compendio de información técnica de 32 especies forestales, una de las especies fue, *Terminalia amazonia* (J.F. Gmelin) Exell. En la ficha técnica de esta especie se especifica que sus propiedades físicas son Densidad Básica: 0,73 g/cm³, Contracción Volumétrica: 12,40 %, Contracción Radial: 5,10 %, Contracción Tangencial: 8,70 % y Relación T/R: 1,76; así mismo, sus propiedades mecánicas son Módulo de Elasticidad en flexión: 127,00 tn/cm², Módulo de Ruptura en flexión: 767,00 kg/cm², Compresión Paralela: 336,00 kg/cm², Compresión Perpendicular: 78,00 kg/cm², Corte paralelo a las Fibras: 91,00 kg/cm², Dureza de lados: 528,00 kg/cm², Tenacidad: 3,90 kg-m. Así mismo, en el compendio señaló que la madera puede ser usada en estructuras, vigas y columnas, construcción pesada, mueblería, encofrados, chapas decorativas, ebanistería, pisos, postes, machihembrados, durmientes.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. La madera

Según Mansilla (2020) la madera es un tejido vegetal llamado técnicamente como Xylema, este tejido está compuesto por una masa fibrosa conformada de células pequeñas de diferentes formas, tamaños y características. Es la parte dura del tronco y cumple la función de conducir savia, transformar y almacenar sustancias de reserva y el sostenimiento del árbol. Los árboles al crecer absorben del aire dióxido de carbono, y del suelo agua y minerales que se convierten, por el proceso de fotosíntesis, en carbohidratos, componentes básicos para la producción de células de madera. Este recurso es muy utilizado por el hombre para satisfacer ciertas necesidades.

2.2.2. Propiedades de la madera

2.2.2.1. Propiedades físicas.

Son cualidades cuantitativas de la madera y su reacción a influencias externas, estas propiedades tienen influencia en el desempeño de la madera (Winandy, 1994, como se citó en Campos, 2015). Dentro de estas propiedades se tiene a las siguientes:

- a) **Contenido de Humedad.** Esta propiedad hace referencia a la capacidad que tiene la madera para absorber y liberar determinada cantidad de agua, es la cantidad de agua

presente en la estructura de la madera. Conocer esta propiedad es fundamental para determinar diferentes usos de la madera especialmente al exterior (Ruíz, 2020). Para determinar el contenido de humedad se aplica la metodología especificada en la norma NTP 251.010 – 2014 y se calcula con la siguiente fórmula:

$$CH\% = \frac{m1 - m2}{m2} * 100$$

Donde:

m1= masa de la probeta antes de ser secada (g).

m2 = masa de la probeta después de ser secada en la estufa (g).

- b) Densidad Básica.** Según Suasnabar y Monge (2019) la densidad básica, es la relación entre el peso de la probeta anhidra y su volumen en estado saturado, esta propiedad es fundamental para realizar la clasificación técnica de la madera ya que se encuentra muy relacionada a la resistencia mecánica, generalmente las maderas más resistentes son aquellas que tienen mayor densidad. Para determinar esta propiedad se aplica la metodología especificada en la norma técnica NTP 251.011-2014 (revisada el 2019) y se calcula con la formula siguiente:

$$\text{Densidad básica (g/cm}^3\text{)} = \frac{Psh}{Vs}$$

Donde:

Psh: Peso de la probeta seca al horno (g).

Vs: Volumen de la probeta en estado saturado (cm³).

2.2.2.2. Propiedades mecánicas.

Son cualidades de la madera que determinan su capacidad para resistir a la aplicación de fuerzas externas. Los valores de estas propiedades son expresados en términos de esfuerzos y deformación, los ensayos para determinar estas propiedades se hacen con madera en buenas condiciones, sin defectos naturales, así mismos la orientación de las fibras es fundamental por lo que para determinar estas propiedades se debe tener en

cuenta la dirección perpendicular y la dirección paralela a la fibra (Winandy, 1994, como se citó en Campos, 2015). Dentro de estas propiedades se tiene a las siguientes:

- a) **Flexión. Según** Chicaiza (2022) es la capacidad que tiene a madera para para doblarse longitudinalmente sin romperse inmediatamente ante la aplicación de una fuerza. La flexión estática es la resistencia que presenta una viga de madera ante la aplicación una fuerza puntual aplicada en el centro de luz o distancia entre apoyos, en la cara tangencial más cercana a la médula de la misma (Benetti, 2015, como se citó en Ruíz, 2020). Para determinar la flexión estática se usa la metodología especificada en la norma NTP 251.017 – 2014 (revisada el 2019) y se usa las siguientes fórmulas:

Esfuerzo de la fibra al límite proporcional (ELP):

$$ELP = \frac{3 P'L}{2 ae^2}$$

Donde:

ELP: esfuerzo de la fibra al límite proporcional en kg/cm²

P' : carga al límite proporcional en kg.

L : distancia entre soportes, luz de la probeta en cm.

a : ancho de la probeta en cm.

e : espesor de la probeta en cm.

Módulo de ruptura (MOR):

$$MOR = \frac{3 PL}{2 ae^2}$$

Donde:

MOR : módulo de ruptura en kg/cm².

P : carga máxima en kg.

L : distancia entre los soportes, luz de la probeta en cm.

a : ancho de la probeta en cm.

e : espesor de la probeta en cm.

Módulo de elasticidad (MOE): Se calcula con la fórmula siguiente:

$$MOE = \frac{P'L^3}{4 ae^3Y}$$

Donde :

MOE : módulo de elasticidad en kg/cm²

P' : carga al límite proporcional en kg.

L : distancia entre los soportes, luz de la probeta en cm.

a : ancho de la probeta en cm.

e : espesor de la probeta en cm.

Y : deflexión en el centro de la luz al límite proporcional en cm.

- b) *Compresión paralela.*** Es la resistencia que presenta la madera ante una carga aplicada que produce su aplastamiento en dirección paralela a sus fibras disminuyendo su longitud, este ensayo es usado especialmente para columnas (Ruíz, 2020). Para determinar esta propiedad se aplica la metodología especificada en la norma NTP 251.014 – 2014 y se usa las fórmulas siguientes:

$$ELP = \frac{P'}{A}$$

$$RM = \frac{P}{A}$$

Donde:

ELP : esfuerzo al límite proporcional, en kg/cm².

RM : resistencia máxima por compresión axial, en kg/cm².

P' : carga soportada por la probeta hasta el límite proporcional, en kg.

P : carga máxima soportada por la probeta, en kg.

A : área de la sección transversal de la probeta calculada antes del ensayo, en cm²

- c) *Compresión perpendicular.*** Es la resistencia que presenta la madera ante una carga que es aplicada en dirección perpendicular a las fibras en una de las caras radiales de la probeta (Ruíz, 2020). Para determinar esta propiedad se aplica la metodología especificada en la norma NTP 251.016 – 2015 y se usa la fórmula siguiente:

$$ELP = \frac{P'}{S}$$

Donde:

ELP : esfuerzo al límite proporcional en kg/cm^2

P' : carga al límite proporcional

S : superficie impresa sobre la probeta por la pieza de presión medida en cm^2

- d) **Corte o cizallamiento.** Es la capacidad que tiene la madera para resistir fuerzas que tienden a que una parte del material se deslice sobre la parte adyacente a ella. Este deslizamiento se debe producir en paralelo a las fibras; perpendiculares a ellas no se produciría la rotura debido a que la resistencia en esta dirección es alta y la madera se rompe antes por otro efecto (Navarro y Sánchez, 2021). Para determinar esta propiedad se utiliza la metodología especificada en la norma NTP 251.013-2015 y se utiliza la fórmula siguiente:

$$\text{Resistencia cizallamiento} = \frac{P'}{A} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

Donde:

P : peso máximo soportado por la muestra en kg.

A : superficie en que se origina el cizallamiento en cm^2 .

2.2.3. Generalidades de la especie *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell

Taxonomía. Según Jiménez (2001), como se citó en Bravo (2014) pertenece a la siguiente clasificación taxonómica:

División : Plantae
Reino : Magnoliophyta (Angiosperma)
Clase : Magnoliopsida (Dicotiledónea)
Subclase : Rosidae
Orden : Myrtales
Familia : Combretaceae
Género : *Terminalia*
Especie : *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell

Nombres comunes: roble coral, amarillón, naranjo, volador, guayabo de charco (América Central y Panamá); sombrerete, tepesuchil (México); guayo, chicharrón (Cuba); yacushapana, nogal amarillo, árbol del chuncho, ciricuna (Perú) (Bravo, 2014).

Según Trópicos (2025) se clasifica de la siguiente forma:

Clase : Equisetopsida C. Agardh
Subclase : Magnoliidae Novák ex Takht.
Superorden : Rosanae Takht.
Orden : Myrtales Juss. ex Bercht. y J. Presl
Familia : Combretaceae R. Br.
Género : *Terminalia* L.
Especie : *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell

Descripción botánica. Árbol que puede llegar a medir hasta 35 m de altura y 1 a 1,3 m de diámetro, presenta fuste recto, asimétrico y con frecuencia acanalado en el tercio basal, raíces tablares delgadas. Corteza delgada, color pardo grisáceo o amarillo grisáceo en el exterior y amarillo verdoso o pardo amarillento en el interior, textura fibrosa y sabor amargo. Hojas simples pequeñas (8-9 cm de largo) de color verde oscuro, brillantes en el haz y verde claro, opaco por el envés. Inflorescencia en racimos con numerosas flores de

color amarillo producidas en febrero, se originan en las axilas de los múltiples tallos cortos arrosetados. Frutos secos alados en forma de mariposa (2 alas grandes y 2 pequeñas), pequeños (2 cm de ancho aprox.), la parte central presenta pubescencia, de color amarillo a dorado. La semilla se encuentra en una cavidad circundada por el endocarpio fibroso, con una cobertura seminal de color amarillo opaco (Monteroy Kanninen, 2005, como se citó en Chagna, 2020).

Distribución Geográfica. Según Montero y Kanninen (2005, como se citó en Pérez, 2017) la *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell crece naturalmente desde el Golfo de México en la vertiente Atlántica, hasta Colombia, Venezuela, las Guayanas, Surinam, Trinidad y Tobago, Brasil, Perú, Ecuador, Bolivia, Argentina, Uruguay y Paraguay. En Perú se encuentra específicamente en los departamentos de Amazonas, Cajamarca, Huánuco, Junín, Loreto, Madre de Dios, San Martín y Ucayali.

Ecología. La *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell crece desde los 40 hasta los 1200 m s.n.m. con precipitaciones anuales de 2500 a 3000 mm y temperatura entre los 21 a 24 °C La especie es sensible a períodos secos mayores a 4 meses y crece en una amplia gama de suelos. En su ambiente natural crece en suelos con buen drenaje, desde moderadamente profundos (mayor a 60 cm) a profundos. Se encuentra en una gran variedad de suelos, incluyendo arenas, gravas, suelos volcánicos de tierras altas, arcillas de baja fertilidad y suelos calcáreos. Su crecimiento óptimo se da en suelos arcillosos a francos con pH de ácido a neutro (Solís y Moya, 2004, como se citó en Pérez, 2017). Según Montero y Kanninen (2005) también citado por Pérez (2017) las condiciones climáticas más favorables son: Bosque húmedo premontano, Bosque húmedo tropical y Bosque muy húmedo tropical y se adapta bien a suelos ultisoles y andisoles, por lo que no es sensitivo a suelos ácidos.

Usos. La madera de *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell es usada en la construcción en general, pisos, puentes, barcos, chapas, contrachapados, construcciones marinas, muebles, tornerías, mangos para herramientas, embalaje, papel, traviesas para ferrocarril, parquet, carrocerías, construcción de minas. Además, esta especie está siendo usada en programas de reforestación (Solís y Moya, 2004, como se citó en Pérez, 2017).

2.3. Definición de términos básicos

Carpintería. Es el oficio que consiste en trabajar la madera y sus derivados con el propósito de modificar su forma y crear nuevos objetos para ser usados por el ser humano, estos pueden ser muebles, utensilios, juguetes, escritorios, puertas, escaleras, entre otros (El trabajo de Consejos de Colegios y Colegios de Arquitectos, s.f. p. 2).

Contracción de la madera. Es la variación de las dimensiones de la madera como consecuencia del cambio de su contenido de humedad bajo el PSF, esto causa la disminución del volumen de la madera y se expresa en porcentaje (Fasanando, 2023, p. 16).

Densidad básica. Es la relación entre el peso anhidro de una probeta de madera y su volumen en estado saturado o verde, esta propiedad depende de varios factores los cuales están relacionados con el ambiente y con ciertas características propias de la madera (Cajo, 2022, p. 3).

Dureza de la madera. Es la resistencia que presenta la madera ante la penetración de otro cuerpo (clavos, tornillos, otros), esta propiedad influye en la trabajabilidad de la madera (Baldeon, 2022, p. 6).

Humedad de la madera. Es el agua presente en la estructura de la madera, esta agua se encuentra bajo tres formas las cuales son agua libre, agua higroscópica y agua de constitución. El contenido de humedad de la madera es la cantidad de agua que esta contiene y se expresa en porcentaje (%) de su peso en estado anhidro (Cajo, 2022, p. 3).

Madera. Es la parte que conforma el tronco de los árboles, está constituida por fibras especialmente de celulosa y lignina, la celulosa le brinda resistencia y la lignina le aporta rigidez y dureza (Majofesa, 2017, p. 1).

Propiedades físicas. Son características cuantitativas de la madera y su reacción a influencias externas, estas se determinan sin realizar alteraciones en la integridad de la muestra, ni cambiar químicamente (Fasanando, 2023, p. 14).

Propiedades mecánicas. Son cualidades de la madera que determinan su capacidad para resistir a la aplicación de fuerzas externas. Los valores de estas propiedades

son expresados en términos de esfuerzos y deformación, para determinar estas propiedades se debe tener en cuenta la dirección perpendicular y la dirección paralela a la fibra (Winandy, 1994, como se citó en Campos, 2015, p. 38).

Resistencia a la compresión. Es la resistencia que presenta la madera ante fuerzas de compresión las cuales pueden ser en dirección perpendicular y dirección paralela a las fibras (Gálvez 2011, como se citó en Baldeon, 2022, p. 4).

Resistencia al corte. Es la capacidad que tiene la madera para resistir fuerzas que tienden a que una parte del material se deslice sobre la parte adyacente a ella (Navarro y Sánchez, 2021, p. 15).

Resistencia a la flexión. Es la resistencia que presenta una viga de madera ante la aplicación una fuerza puntual aplicada en el centro de luz o distancia entre apoyos, en la cara tangencial más cercana a la médula de la misma (Benetti, 2015, como se citó en Ruíz, 2020, p. 4).

Uso estructural de la madera. Este uso se le da la madera que cumple con ciertos requisitos los cuales son: tener un contenido de humedad en equilibrio con el ambiente donde va ser utilizada, este no debe ser superior a 22 %, debe tener buena durabilidad y ser preservada correctamente, generalmente se utiliza madera aserrada y debe cumplir con la Norma de Clasificación Visual por Defectos, además se debe encontrar dentro de la clasificación de maderas estructurales según la Norma. Las maderas de uso estructural son aquellas que conforman el armazón estructural de una construcción (Chura y Muchica, 2021, p. 10).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización de la Investigación

La obtención de las muestras de madera de *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell, se realizó en el caserío Pedregal, distrito de San José de Lourdes, provincia de San Ignacio. Los estudios de propiedades físicas y mecánicas se realizaron en el Laboratorio de Anatomía y Tecnología de la Madera de la Universidad Nacional de Cajamarca filial Jaén (Fig. N° 1).

Figura 1
Mapa de ubicación de la investigación



Nota. La figura 1, corresponde al mapa de ubicación de la investigación fue elaborado con información de Google Earth 2025.

La parcela donde se obtuvo la muestra constituye un relicto de bosque, el mismo que ha sido intervenido para la extracción de madera de la especie en estudio y de otras especies que están presentes. Colindante a este bosque, existen parcelas de café en sistemas agroforestales, y pastos cultivados. Los árboles extraídos provienen de la regeneración natural del bosque, cuyas edades son desconocidas.

3.2. Tipo y diseño de la Investigación

Por el propósito, la investigación es aplicada, ya que el producto de la investigación puede ser utilizado como información valiosa para la solución de la problemática en la sociedad.

Por el nivel se trata de una investigación descriptiva, debido a que se la descripción de propiedades de la madera de *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell.

Por el diseño la investigación es no experimental, debido a que no tiene una interacción o relación entre variables dependientes y dependientes ni factores de estudio. Para la presente investigación solo se tiene variables de estudio.

3.2.1. Matriz de Operacionalización de Variables

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables de la investigación

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala
Propiedades físicas	Son características cuantitativas de la madera y su reacción a influencias externas (Fasanando, 2023)	Densidad básica	g/cm ³	De razón
		Contenido de humedad	%	
		Contracción de la madera	%	
Propiedades mecánicas	Son cualidades de la madera que determinan su capacidad para resistir a la aplicación de fuerzas externas (Campos, 2015).	Resistencia flexión estática	kg/cm ²	De razón
		Resistencia compresión paralela	kg/cm ²	
		Resistencia compresión perpendicular	kg/cm ²	
		Resistencia cizallamiento	kg/cm ²	
		Dureza	kg/cm ²	

Nota. Las propiedades mecánicas se expresan en kg/cm² y no en megapascales, para alinear a los cálculos a realizar posteriormente.

3.2.2. Unidad de Análisis – Población y Muestra

Población. La población lo constituyen todos los árboles de *Terminalia amazonia* en condición de árbol maduro, con diámetros a la altura del pecho igual o superior a 41 cm considerando que el número de árboles de esta especie en los sectores mencionados del distrito de San José de Lourdes no es conocido, se considera como una población infinita.

Muestra. La muestra está constituida por los árboles que fueron seleccionados para extraer las probetas de madera, de las cuales se determinaron las propiedades físicas y mecánicas. El muestreo es no probabilístico, por conveniencia, se basó en la norma técnica NTP 251.008:1980 (revisada el 2012), “MADERAS. Selección y colección de muestras”, la misma que establece que en estudios iniciales o exploratorio de tecnología de la madera se debe considerar un muestreo de cinco árboles de la especie forestal en estudio. Los cinco árboles fueron seleccionados al azar de todos los árboles que sean identificados y ubicados previamente, el requisito es que sea un árbol maduro con DAP mayor a 41 cm, siguiendo esta norma técnica se obtuvo las probetas para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas. El número de probetas necesarias para cada ensayo está establecido por cada norma técnica.

Unidad de Análisis. Lo constituyen las probetas que se elaboraron de los árboles seleccionados en las muestras. Las probetas se obtuvieron por aserrío de las trozas aprovechadas, cuidando obtener cortes perfectamente orientados con respecto a los planos de la madera, es decir se debe diferenciar muy bien el plano tangencial del plano radial (Tabla 2)

Las dimensiones de las probetas dependen de cada norma técnica, así tenemos:

Tabla 2

Dimensión y número de probetas para ensayos según norma técnica

Propiedad de la madera	Dimensiones (cm)	Nº probetas/ árbol	Norma Técnica referencia
Densidad	3 x 3 x 10	10	NTP 251.011:2014
Contenido de humedad	3 x 3 x 10	10	NTP 251.010:2014
Contracción	3 x 3 x 10	10	NTP 251.012:2015
Flexión estática	2,5 x 2,5 x 41	2	NTP 251.017:2014
Compresión paralela al grano	5 x 5 x 20	2	NTP 251.014:2015
Compresión perpendicular al grano	5 x 5 x 15	2	NTP 251.016:2015
Cizallamiento o corte	5 x 5 x 6.5	2	NTP 251.013:2015
Dureza	5 x 5 x 15	2	NTP 251.015:2014

Nota. Las probetas son de dimensiones estándar y el número mostrado es el que se ensayó.

3.2.3. Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Fuentes. La información se obtuvo de fuentes primarias. Todos los datos se recolectaron en los instrumentos correspondientes conforme se fue ejecutando los diversos ensayos de laboratorio para cada una de las propiedades en estudio.

Técnicas. La técnica que se empleó para la presente investigación fue la observación directa con presencia del investigador. La observación se realizó de todos los procesos de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de la madera, desde la recolección de las muestras, hasta los trabajos de laboratorio.

Instrumentos. Los instrumentos lo constituyen los formatos guía o fichas para la recolección de datos de laboratorio. Los formatos son los que establecen las normas técnicas correspondientes, según se menciona en la tabla 2. No se realizó la elaboración de nuevos formatos para la recolección de datos.

3.2.4. Validación y prueba de confiabilidad de los instrumentos

Los instrumentos utilizados fueron formatos o fichas guías de recolección de datos de laboratorio especificadas en las normas técnicas mencionadas en la tabla 2, por lo que no necesitaron validación de expertos locales. En vista que no se construirán instrumentos estructurados, no se aplicó prueba de confiabilidad alguna. Sin embargo, para garantizar la calidad de los datos, se utilizaron equipos con certificación de precisión otorgado por INDECOPI; así mismo, el personal técnico y profesional a cargo de la realización de los ensayos garantizan la calidad de los datos obtenidos en los ensayos.

3.2.5. Técnica del procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio y recolectados en los instrumentos mencionados, fueron digitalizados y tabulados en una hoja de cálculo para su procesamiento correspondiente, calculándose las respectivas propiedades físicas y mecánicas. Los datos de las propiedades físicas y mecánicas fueron procesadas con estadística descriptiva para obtener estadísticos de tendencia central y dispersión permitiendo validar los resultados obtenidos de acuerdo a lo establecido en las normas técnicas, se elaboraron tablas y figuras estadísticas que permitan representar mejor los resultados. Para el procesamiento de los resultados se utilizó el software MS Excel.

3.2.6. Aspectos éticos considerados

Se tomó en cuenta el Código de Ética de la Investigación de la Universidad Nacional de Cajamarca (2016) que establece los siguientes principios éticos para la investigación:

Protección de la persona: Se debe respetar la dignidad, libertad, identidad, diversidad, derecho a la autodeterminación informativa, confidencialidad y privacidad de todas las personas involucradas.

Consentimiento informado y expreso: Es necesario obtener el consentimiento explícito, libre, informado y específico de las personas o titulares de datos para el uso de su información en la investigación.

Cuidado del medio ambiente y respeto a la biodiversidad: La investigación debe evitar dañar la naturaleza y la biodiversidad, promoviendo la conservación sostenible y respetando todas las especies y la diversidad genética.

Responsabilidad, rigor científico y veracidad: Los investigadores deben actuar con responsabilidad, mantener un rigor científico y asegurar la veracidad de la investigación, considerando sus repercusiones individuales, institucionales y sociales.

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Propiedades físicas de la madera de *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell

Las propiedades físicas de la madera de *Terminalia amazonia* se expresan de manera resumida de los cinco árboles muestreados en la tabla 3.

Tabla 3
Propiedades físicas de la madera Terminalia amazonia

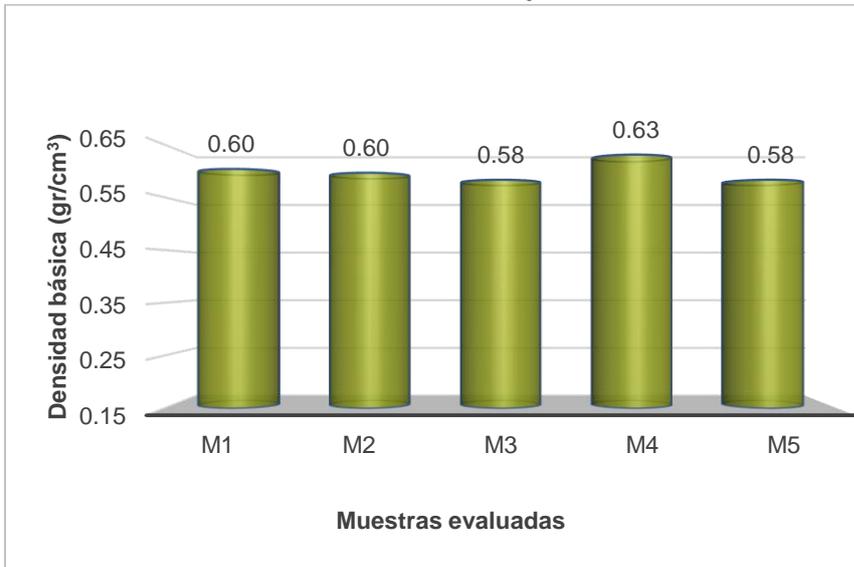
Nº	Propiedad física	Ítem	Valor	Norma de referencia
1	Densidad básica	X (g.cm ⁻³)	0,60	NTP 251.011:2014
		C.V. (%)	9,06	(Revisada el 2019)
2	Densidad anhidra	X (g.cm ⁻³)	0,65	NTP 251.011:2014
		C.V. (%)	9,16	(Revisada el 2019)
3	Densidad verde	X (g.cm ⁻³)	0,93	NTP 251.011:2014
		C.V. (%)	8,75	(Revisada el 2019)
4	Contracción tangencial	X (%)	4,66	NTP 251.012:2015
		C.V. (%)	25,87	
5	Contracción radial	X (%)	2,46	NTP 251.012:2015
		C.V. (%)	26,15	
6	Contracción volumétrica	X (%)	8,39	NTP 251.012:2015
		C.V. (%)	23,80	
7	Relación CT/CR	Relación	2,12	NTP 251.012:2015
		C.V. (%)	48,53	
8	Humedad	X (%)	55,09	NTP 251.010:2014
		C.V. (%)	13,17	

Nota. X= promedio de la propiedad, CV= coeficiente de variabilidad de los datos, NTP= Norma Técnica Peruana.

En la tabla 3, se puede visualizar las propiedades físicas de la madera de *Terminalia amazonia*; donde las muestras obtuvieron un promedio de densidad básica de 0,60 g.cm⁻³, en contracción volumétrica obtuvieron valores de 8,36 %, en el contenido de humedad máxima de 55,09 % y la relación de contracción tangencial y contracción radial fue de 2,12. También puede verse que la dispersión de los datos obtenidos es baja lo cual se manifiesta en el coeficiente de variabilidad de las densidades, así tenemos que para la densidad básica el coeficiente de variabilidad fue de 9,06 %.

Figura 2

Densidad de la madera Terminalia amazonia

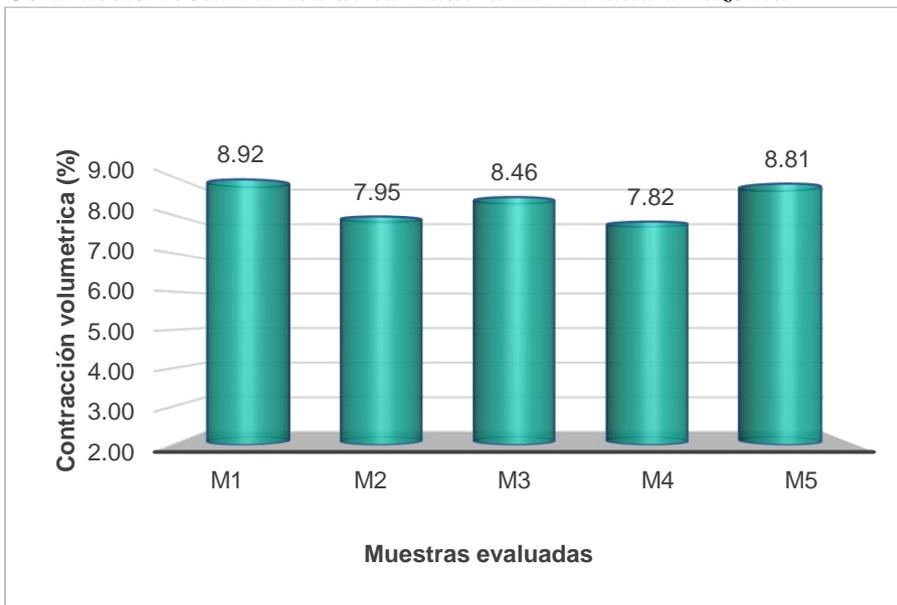


Nota. Valores promedios de la densidad de la madera.

En la figura 2, se visualiza la densidad básica de las muestras donde la muestras M4 alcanzo el mayor valor $0,63 \text{ g.cm}^{-3}$, mientras que la muestras M3 y M5 alcanzaron valores de $0,58 \text{ g.cm}^{-3}$. Si embargo esta dispersión es baja lo que se manifiesta en su coeficiente de variabilidad.

Figura 3

Contracción volumétrica de la madera Terminalia amazonia

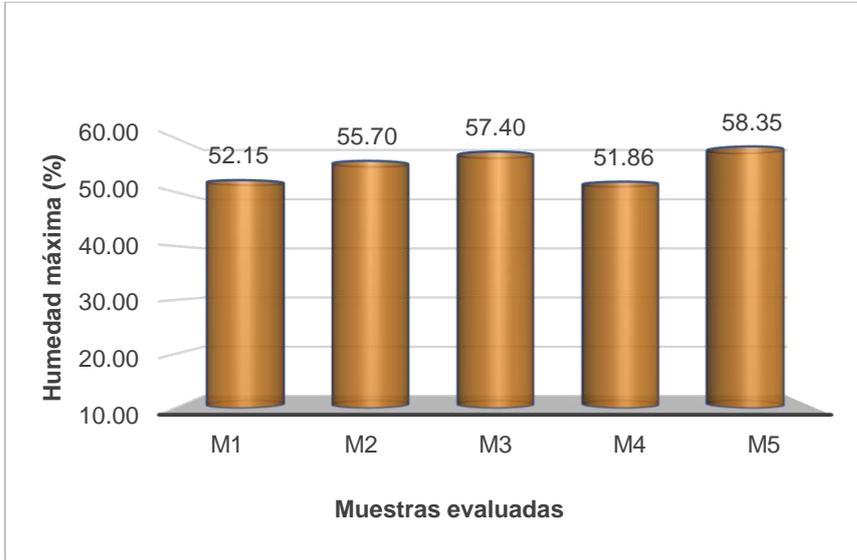


Nota. Porcentajes promedios de la contracción volumétrica.

En la figura 3, se visualiza la contracción volumétrica donde se pueden observar que la muestra M11 alcanzó valores de 11.80 % siendo esta la más significativa, mientras que la muestra M2 alcanzó valores de 9,40 % siendo la más baja.

Figura 4

Humedad de la madera Terminalia amazonia



Nota. Porcentajes promedios del contenido de humedad de las 5 muestras.

En la figura 4, se puede observar los datos de la humedad de la madera *Terminalia amazonia*, donde la muestra M5 alcanzó valores de 58,38 % siendo esta muestra la más pesada. Mientras que la muestra M4 tiene una humedad de 51.86 % siendo esta la más baja de todas las muestras.

4.1.2. Propiedades mecánicas de la madera de *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell.

- Resistencia a la flexión estática de la madera de *Terminalia amazonia*

Tabla 4

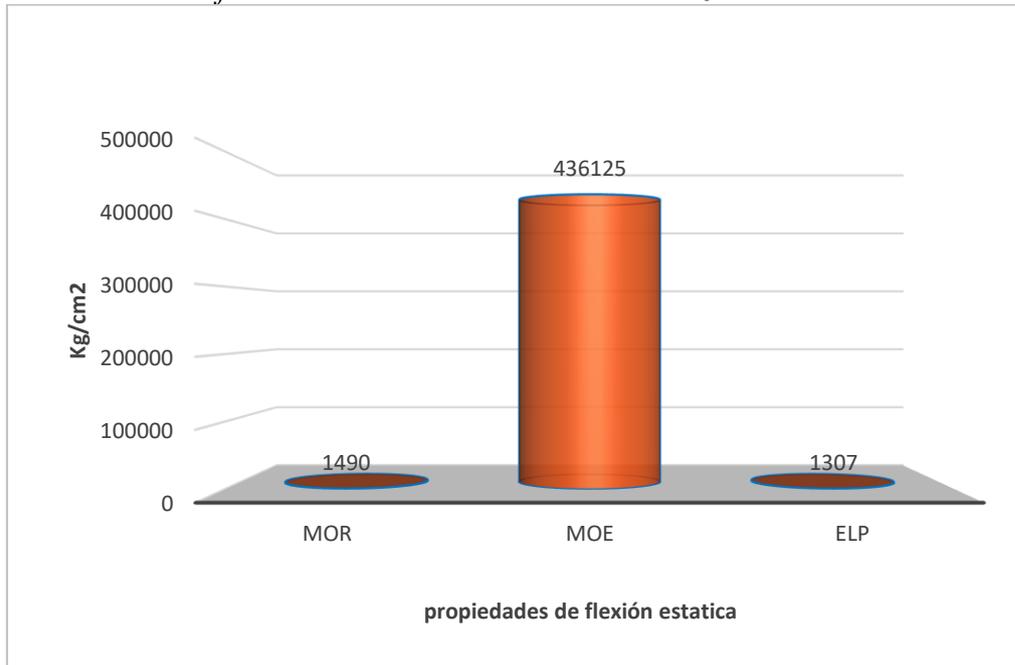
Resistencia a la flexión de la madera Terminalia amazonia

Propiedad mecánica	Valor (Kg/cm ²)
Resistencia a la flexión estática (MOR)	1490
Resistencia a la flexión estática (MOE)	436125
Resistencia a la flexión estática (ELP)	1307

Nota. Flexión estática de la madera kg= kilogramos, cm² centímetros cuadrados.

Figura 5

Resistencia a la flexión de la madera Terminalia amazonia



Nota. Valores de las expresiones de la flexión estática promedio de la especie.

En la tabla 4 y figura 5, se visualiza la resistencia a la flexión de la madera de *Terminalia amazonia* donde el MOR alcanza valores de 1 490 kg/cm², el MOE alcanza valores de 436 125 kg/cm² y donde el ELP 1 307 kg/cm².

- **Resistencia a la compresión paralela al grano de la manera de *Terminalia amazonia***

Tabla 5

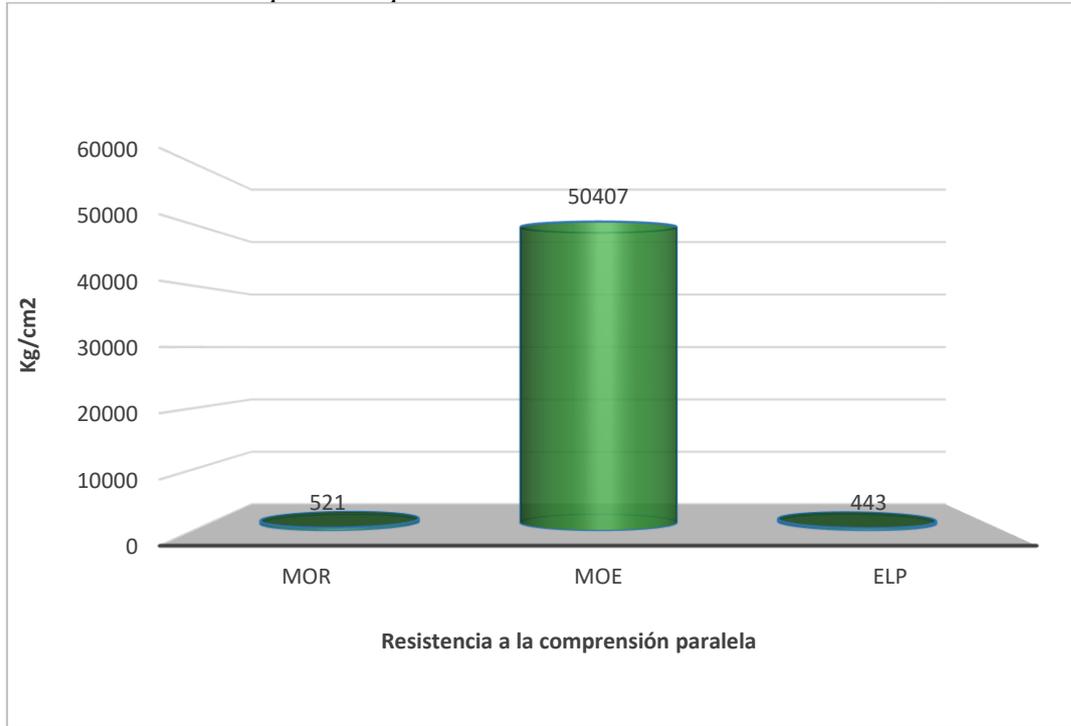
Resistencia a la compresión paralela de la madera de Terminalia amazonia

Propiedad mecánica	Valor (kg/cm ²)
Resistencia a la compresión paralela al grano (MOR)	521
Resistencia a la compresión paralela al grano (MOE)	50407
Resistencia a la compresión paralela al grano (ELP)	443

Nota. Expresiones de la compresión paralela de la madera promedio.

Figura 6

Resistencia a la compresión paralela de la madera de Terminalia amazonia



Nota. Compresión paralela kg= kilogramos, cm²= centímetro cuadrado

En la tabla 4 y figura 6, se visualiza la resistencia a la compresión paralela de la madera de *Terminalia amazonia* donde el MOR alcanza valores 521 kg/cm², el MOE alcanzó valores de 50 407 kg/cm² y el ELP alcanzó valores de 443 kg/cm².

- **Dureza**

Tabla 6

Resistencia a la dureza de la madera de Terminalia amazonia

Propiedad mecánica	Valor (Kg/cm ²)
Dureza transversal	893,00
Dureza radial	633,00
Dureza tangencial	609,00

Nota. Dureza de la madera kg= kilogramos cm²= centímetros cuadrados

Figura 7*Resistencia a la dureza de la madera de Terminalia amazonia*

Nota. Valores de la dureza de la madera kg= kilogramo, cm²= centímetros cuadrados.

En la tabla 6 y figura 7, se observa la dureza de la madera de *Terminalia amazonia* donde la dureza transversal alcanzo valores 893 kg/cm², la dureza radial obtuvo valores de 630 kg/cm² mientras que la tangencial obtuvo valores de 609 kg/cm².

Tabla 7*Resumen de las propiedades mecánicas de la madera de Terminalia amazonia*

Nº	Propiedad mecánica	ITEM	Valor	Norma de referencia
1	Resistencia a la flexión estática (MOR)	X (kg/cm ²)	1 489,82	NTP 251.017:2014
		C.V. (%)	14,66	
			436	
2	Resistencia a la flexión estática (MOE)	X ((kg/cm ²)	125,43	NTP 251.017:2015
		C.V. (%)	64,10	
3	Resistencia a la flexión estática (ELP)	X ((kg/cm ²)	1 306,62	NTP 251.017:2016
		C.V. (%)	16,66	
4	Resistencia a la compresión paralela al grano (MOR)	X ((kg/cm ²)	520,60	NTP 251.014:2014
		C.V. (%)	10,92	
5	Resistencia a la compresión paralela al grano (MOE)	X ((kg/cm ²)	50 407,27	NTP 251.014:2015
		C.V. (%)	57,61	
6	Resistencia a la compresión paralela al grano (ELP)	X ((kg/cm ²)	442,51	NTP 251.014:2016
		C.V. (%)	10,92	
7	Resistencia a la compresión perpendicular al grano (MOR)	X ((kg/cm ²)	146,08	NTP 251.016: 2015
		C.V. (%)	27,35	
8	Resistencia al cizallamiento (MOR)	X ((kg/cm ²)	136,36	NTP 251.013: 2015
		C.V. (%)	19,36	
9	Dureza transversal	X ((kg/cm ²)	893,00	NTP 251.015:2014
		C.V. (%)	13,59	
10	Dureza radial	X ((kg/cm ²)	633,00	NTP 251.015:2015
		C.V. (%)	27,61	
11	Dureza tangencial	X ((kg/cm ²)	609,00	NTP 251.015:2016
		C.V. (%)	22,23	

Nota. X= promedio de la propiedad, CV= coeficiente de variabilidad de los datos, NTP= Norma técnica peruana.

En la tabla 7, se visualiza los valores de propiedades mecánicas de la *Terminalia amazonia* como, resistencia a la flexión, a la compresión paralela, a la compresión perpendicular, al corte y a la dureza en sus diferentes módulos (MOE, MOR, ELP). Donde la compresión perpendicular obtuvo valores de 146,08 kg/cm² y la resistencia al cizallamiento fue de 136,36 kg/cm².

4.1.3. Usos más probable y recomendable de la madera de *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell, de acuerdo a sus propiedades físicas y mecánicas.

Para determinar la calidad de la madera y sus usos posibles, se comparó los resultados de las propiedades físicas con tablas de clasificación reconocidas y validadas como las que se muestran en la tabla 8.

Tabla 8

Clasificación de las especies, según la densidad básica de la madera

Grupo	Densidad básica (g/cm ³)	Clase
I	Menor a 0.30	Muy baja (MB)
II	0.30 – 0.40	Baja (B)
III	0.41 – 0.60	Media (ME)
IV	0.61 – 0.75	Alta (AL)
V	Mayor a 0.75	Muy alta (MA)

Nota. Clasificación promedio para las especies tropicales de los países del Grupo Andino. Tomado de JUNAC (1984)

En la tabla 8, se muestra la clasificación de las maderas según la densidad básica, esta clasificación las realizó la Junta del Acuerdo de Cartagena (1984) para las maderas tropicales de los países del Grupo Andino. Por lo que, esta clasificación es la más apropiada para considerar en maderas provenientes de bosques tropicales.

Tabla 9

Clasificación de las especies, según la relación de contracciones de la madera

Valor de coeficiente de anisotropía	Aplicación de la madera
1, ideal NO EXISTE	Alteración idéntica de las dimensiones Rd y Tg
1,2 – 1.5	Excelentes. Aplicaciones sin alabeos
1.6 – 1,9	Normal
> 2	Restringe varias aplicaciones

Nota. Clasificación de las maderas según su coeficiente de anisotropía. Tomado de Martínez y Vignote (2005).

La tabla 9, muestra la clasificación de las maderas de acuerdo al coeficiente de anisotropía o relación entre la contracción tangencial y contracción radial. Esta relación es

una propiedad muy importante porque nos indica el comportamiento que tiene la madera durante el proceso de secado e inclusive durante el trabajo industrial.

Tabla 10

Usos posibles de la madera de acuerdo a la densidad básica

Usos	Densidad básica 0,32 – 0,50 g/cm ³	0,33 – 0,64 g/cm ³	0,38 – 0,73 g/cm ³
Construcción en general	x	x	
Muebles, caballetes, encofrados			x
Cajas, cajones, techos	x		
Aglomerados, pulpas	x	x	
Postes telefonía, cercas, energía eléctrica	x	x	x
Biombos, abanicos, puertas		x	
Estructuras, quioscos, parques	x		
Papel Kraft	x	x	
Tableros, madera-cemento- fibrocemento	x		x
Mango de herramientas			x
Juguetería, vigas			x
Carpintería, ebanistería, pisos		x	x
Artesanías	x	x	x

Nota. se muestran intervalos de densidad básica para los usos. Tomado de Chicaiza Aucancela (2022, p. 46).

En la tabla 10 se muestra el uso propuesto de la madera de acuerdo a los intervalos de la densidad básica de las maderas, puede visualizarse tres intervalos de densidades, maderas de densidad baja, maderas de densidad media y un tercer intervalo para maderas de densidad alta, considerando la alta variabilidad de las propiedades físicas de las maderas de especies tropicales. Cabe resaltar que los usos pueden utilizar maderas de más de un intervalo.

Tabla 11

Grupos según densidad básica para maderas latifoliadas

Grupo	Densidad Básica (g/cm ³)
A	≥ 0,71
B	0,56 a 0,70
C	0,40 a 0,55
D	0,36 a 0,39

Nota. los grupos son para uso estructural. Tomado de RNE - E010 Madera (Misterio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021)

En la tabla 11, se visualiza la clasificación de la madera para uso estructural de acuerdo a su densidad básica. Los valores más altos indican que son especies con maderas más óptimas para uso estructural. La norma mencionada, establece una clasificación de las especies de acuerdo su uso como madera estructural, generando cuatro grupos.

Tabla 12

Usos estructurales de la madera de acuerdo a sus propiedades físicas y otras propiedades

Usos	Propiedades de la madera
Soporte de Minas	<ul style="list-style-type: none"> • Peso específico medio. • Madera semi dura
Obras de Interiores	<ul style="list-style-type: none"> • Contracción volumétrica 12 % • Relación T/R 1,7
Maderas de Construcción Estructuras	<ul style="list-style-type: none"> • Peso específico > 0,59 g/cm³ • Contracción volumétrica 12 % • Buen comportamiento al trabajo
Carpintería de obras	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilidad dimensional • Liviana moderadamente pesada
Durmientes	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad media a alta • Estabilidad dimensional
Mangos de Herramientas	<ul style="list-style-type: none"> • Peso específico > 0,59 g/cm³ • Fácil de trabajar
Carrocerías	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilidad dimensional • Peso específico > 0,59 g/cm³ • Peso específico medio
Postes	<ul style="list-style-type: none"> • Árboles de conformación cilíndrica, de fustes largos y rectos.

Nota. Los usos son estructurales. Tomado de Mendoza Tovar, (2008, p. 61).

En la tabla 12, se observa las propiedades de la madera de acuerdo a los usos, se observa que la densidad que se requiere es media o alta y muy alta, por lo que se puede considerar el posible uso de la especie evaluada como estructural.

Tomando en cuenta la información mostrada en las tablas 8 a 12, se analizará de acuerdo a las propiedades físicas más importantes, los posibles usos y calidad de la madera de *Terminalia amazonia*, para tal caso a continuación se muestran los valores de las propiedades físicas de densidad básica y coeficiente de anisotropía.

Tabla 13*Propiedades físicas importantes de Terminalia amazonia*

Muestras (árboles)	Propiedades físicas	
	Densidad básica (g.cm ⁻³)	Relación CT/CR
M1	0,60	2,38
M2	0,60	2,31
M3	0,58	1,56
M4	0,63	2,15
M5	0,58	2,21
Promedio	0,60	2,12

Nota. Promedios de las propiedades físicas de la madera CT= contracción tangencial CR= contracción radial.

La tabla 13, muestra las propiedades físicas más importantes de la madera de *Terminalia amazonia*, la densidad básica y la relación contracción tangencial / contracción radial, se ha tomado estas dos propiedades físicas por ser las más importantes para determinar los usos potenciales de la madera, así como, su calidad a nivel de secado y trabajo industrial.

De acuerdo a lo mostrado en la tabla 13, y en virtud a las tablas 8 a 12, se detalla a continuación algunos usos posibles de la madera de *Terminalia amazonia* y calidad.

- Considerando la tabla 8, 10 al 12, la madera de *Terminalia amazonia*, tiene una densidad básica media o media - alta, estando en el límite entre los grupos III y IV, según la JUNAC, mientras que según la norma E-010 del RNE, se trata de una madera del grupo B, esto le da un potencial uso como madera estructural, y según lo mostrado en la tabla 11, se encontraría en el segundo grupo o intervalo, siendo posible usarlo en construcciones en general, carpintería, postes, pisos, mangos de herramientas entre otros.
- De acuerdo a la tabla 12, y tomando en cuenta las propiedades físicas de *Terminalia amazonia*, los usos estructurales van a estar restringidos a madera para construcción en estructuras, soporte de minas, durmientes y mangos de herramientas. Debido a su coeficiente de anisotropía mayor a 2, no es recomendable usarlo en carpintería de obra, obra de interiores y carrocerías.
- La tabla 9, que establece la clasificación de la madera de acuerdo al coeficiente de anisotropía, ubicando a la madera de *Terminalia amazonia* en el grupo con uso

restringido para varias aplicaciones. Sin embargo, el valor del coeficiente de anisotropía es ligeramente superior a 2, por lo que los defectos que presenta la madera en el proceso de secado, pueden evitarse aplicando un protocolo de secado adecuado; pero, el uso de la madera para construcción de muebles no es recomendable, debido a las altas exigencias de estabilidad que se necesita. La restricción del uso se incrementa si se piensa fabricar muebles finos con altos acabados, estructuras interiores de viviendas como recubrimientos, pisos entre otros.

- En cuanto a las propiedades mecánicas, tomando en cuenta las tablas de clasificación de especies, de la norma RNE E010: “MADERA”, la especie se clasificaría dentro del grupo B, siendo muy recomendable para estructuras básicas como columnas y vigas en construcciones con madera de todo tipo de edificios. La especie ofrece madera que, dimensionada en medidas nominales para vigas y columnas, ofrece mayor estabilidad dimensional que si se trata de madera en forma de tablas y listones.

Luego del análisis con la guía de normas técnicas y sugerencias de literatura especializada, se llega a resumir que la especie ofrece madera que es recomendable usar en la construcción de estructuras de madera, especialmente para vigas, columnas, durmientes o estructuras complejas armadas como cerchas o tijerales. La madera puede industrializarse para elaborar madera estructural laminada, ofreciendo un peso específico adecuado para la fabricación de piezas de alta resistencia como columnas y vigas. Por el lado, de las restricciones, no es recomendable utilizarlo en la elaboración de muebles de madera, a menos que se realice un secado en cámara o natural cumpliendo un protocolo exigente, para disminuir los defectos.

La especie puede ser considerada en un manejo forestal sostenible del bosque donde se desarrolla, o también considerar plantaciones forestales de la misma, donde se le brinde manejo intensivo para mejorar su crecimiento, y al mismo tiempo las propiedades físicas y mecánicas, con miras a un uso industrial en construcciones con madera u otras estructuras, así como la elaboración de piezas para herramientas, o piezas y partes de madera para uso en carpintería industrial y de obra.

4.2. Discusión

La investigación se realizó con éxito, cumpliendo lo planteado en el proyecto de investigación, se logró responder la pregunta de investigación o problema, encontrándose los valores promedio de las propiedades físicas, destacando el valor de la densidad básica de la madera en $0,60 \text{ g.cm}^{-3}$, y las propiedades mecánicas con la determinación promedio de los esfuerzos de flexión, compresión, corte, así como la dureza. La metodología seguida, amparado en Normas Técnicas Peruana, garantizó la validez de los resultados, así como el uso de especialistas en la ejecución de ensayos, garantiza la validez de los resultados.

Los resultados obtenidos, alineados de acuerdo a los objetivos específicos planteados, fueron el producto de las mediciones realizadas en los ensayos, así como los cálculos establecidos en las normas técnicas correspondientes; así mismo, la estadística descriptiva aplicada, permitió obtener datos promedio y de dispersión que validaron los mismos. Estos resultados se presentan a continuación para su análisis y discusión y de esta manera puedan ser validados y alineados a los de otros investigadores, y de esta manera recomendar su consideración como conocimiento científico válido que refuerce lo existente sobre la tecnología de la madera de esta especie, facilitando así su industrialización y comercialización.

En cuanto a las propiedades físicas obtenidas en los ensayos y procesamiento posterior, en cumplimiento al primer objetivo, se obtuvo una densidad básica promedio de $0,60 \text{ g.cm}^{-3}$, una contracción volumétrica de 10,28 % y un contenido máximo de humedad de 55,09 % sobre base seca; así mismo, se calculó la relación contracción tangencial, contracción radial (CT/CR), o coeficiente de anisotropía, obteniéndose como promedio un valor de 2,12. Los resultados indican que se trata de una especie de densidad medio a alta, con una contracción volumétrica igual media, así mismo el máximo contenido de humedad es bajo porcentualmente, lo que se relaciona con la densidad media alta. Los valores obtenidos de las propiedades físicas, representan a los de la especie, cuando el árbol se encuentra en su estado adulto. Como es sabido, la madera de alta densidad tiende a tener un contenido máximo de humedad más bajo; esto se debe a la estructura celular más compacta, que limita la cantidad de agua que puede absorber, esto explica el bajo contenido máximo de humedad, así como una contracción volumétrica también media a alta. En cuanto a su anisotropía, el coeficiente indica que la madera tiene un

comportamiento histórico durante la variación del contenido de humedad, por lo que en el secado existe la probabilidad que presente defectos como alabeos o grietas y rajaduras. Los resultados obtenidos en la investigación, se alinean con los que encontró Cartuche (2022) en su investigación, donde obtuvo una densidad básica de $0,68 \text{ g.cm}^{-3}$, una contracción volumétrica de 9,99 % y un máximo contenido de humedad de 44,13 %; estos valores son ligeramente superiores a los obtenidos en la presente investigación, pero guardan una relación similar entre la densidad y el contenido de humedad. De igual manera Sotomayor et al. (2003) encontraron una densidad básica de $0,66 \text{ g.cm}^{-3}$. Dentro del mismo alineamiento, tenemos a Acevedo y Mendoza (2023), quienes encontraron para la madera de esta especie una densidad básica de $0,63 \text{ g.cm}^{-3}$, una contracción volumétrica de 9,54 %, un contenido de humedad máximo de 29,89 %, como podemos ver, la densidad y la contracción volumétrica de la especie es muy similar a la encontrada en la presente investigación, más el máximo contenido de humedad es mucho menor al encontrado, esto se debe a que se utilizó exclusivamente madera de duramen. Sin embargo, Rodríguez Sánchez (2012), encontró una densidad básica de $0,68 \text{ g.cm}^{-3}$, pero a diferencia de los otros investigadores, la humedad máxima estuvo en el rango de 50 % a 80 %; esta variación del máximo contenido de humedad, se debe a que la madera evaluada en la investigación comprendió madera de albura y madera de duramen, siendo la porosidad mayor en la madera de albura, y por lo tanto mayor la capacidad de absorción de agua. Por otro lado tenemos el estudio realizado por la Confederación Peruana de la Madera, quienes en el año 2008, publicaron en un compendia la ficha técnica de la especie en estudio, estableciendo que la densidad básica de la especie de *Terminalia amazonia* es de $0,73 \text{ g.cm}^{-3}$, la contracción volumétrica de 12,40 % y la relación CT/CR de 1,76, como puede verse la densidad de la madera es más alta a la encontrada en el presente estudio, así mismo, la contracción volumétrica es mayor, pero el coeficiente de anisotropía es menor, esta diferencia nos muestra una madera de mejor calidad de la especie y se debe a que la investigación se realizó de árboles muy adultos aprovechados para su industrialización, por lo que toda la madera analizada era de duramen maduro, lo que conlleva a una alta densidad y mayor estabilidad y peso específico, esto mejora el uso también de la madera de la especie.

En lo concerniente a las propiedades mecánicas de la madera de *Terminalia amazonia* estudiada, y en cumplimiento a lo establecido en el segundo objetivo, se determinó los valores del esfuerzo o resistencia a la flexión estática, que tuvo un MOR de

1 516 kg/cm², un MOE de 448 104 kg/cm² y un ELP de 1 330 kg/cm², en cuanto a la compresión paralela al grano, se encontró un MOR de 521 kg/cm², un MOE de 50 407 kg/cm² y un ELP de 443 kg/cm²; por su parte el cizallamiento tuvo un valor promedio de MOR de 136 kg/cm²; así mismo la compresión perpendicular al grano tuvo un MOR de 146 kg/cm²; y por su parte la dureza fue en el sentido transversal 893 kg/cm², para la dureza radial 633 kg/cm² y para la dureza tangencial 609 kg/cm². Los valores encontrados para las propiedades físicas nos indican que se trata de una madera de alta resistencia según las tablas de las normas técnicas revisadas (RNE E010) y la bibliografía especializada, lo que conllevará posteriormente a establecer sus usos. Las propiedades mecánicas están muy relacionadas con la densidad básica, como la especie tiene valores medios a altos de densidad básica, es de esperarse que sus propiedades mecánicas también sean altas. Revisando los datos de otros investigadores, tenemos que el alineamiento se realiza solo en algunas propiedades mecánicas, más no existe una alineación de todas las propiedades, así tenemos por ejemplo a Sotomayor et al. (2003), quienes encontraron valores más bajos para la propiedad de flexión estática, pero en la compresión paralela el MOE encontrado es más del doble al encontrado en la presente investigación, así mismo, la compresión perpendicular tiene valores superiores a los encontrados en la presente investigación. Por su parte Acevedo y Mendoza (2023), obtuvo valores similares para las propiedades de flexión estática y cizallamiento, pero valores inferiores para la dureza y compresión perpendicular. En el estudio de la Confederación Peruana de la Madera (2008), todos los valores encontrados para las propiedades mecánicas son inferiores a los encontrados en el presente estudio. Las diferencias encontradas y la falta de una uniformidad de las diferencias, se deben a la naturaleza anisotrópica de la madera, ya que, al ser un material anisotrópico, no solo hay variaciones en el plano de estudio o corte, si no también en la variación anatómica que se da debido a las irregularidades del crecimiento que tienen los árboles en el bosque.

En cuanto al uso más probable y recomendable de la madera de la especie estudiada, según lo establecido en el tercer objetivo específico, se determinó que de acuerdo a las propiedades físicas y mecánicas encontradas, la madera puede ser utilizada como estructural, para construcciones de madera, especialmente para piezas estructurales tipo vigas, columnas, cerchas entre otros, también puede utilizarse en durmientes, piezas y partes de herramientas, y con un secado adecuado en carpintería de obra, interiores y pisos; sin embargo, está limitado su uso para carpintería, ebanistería e inclusive para carpintería

industrial, lo mismo que para carrocerías. Estos usos son similares a los que presenta en su estudio Rodríguez Sanchez (2012), quien recomienda el uso en todo tipo de construcción, de manera estructural, para exteriores e interiores, pisos, chapas decorativas, estructuras pesadas como puentes. De la misma forma la Cámara Peruana de la Madera (2008), estableció que el uso recomendable para la madera de *Terminalia amazonia*, es estructural para vigas y columnas, construcciones pesadas, encofrados, chapas decorativas, pisos, postes, machihembrados y durmientes.

Las discusiones de los resultados realizados, permiten alinear la investigación con la de otros investigadores dando fortaleza a los mismos. De esta manera, los resultados obtenidos se encuentran validados por la metodología seguida al amparo de Normas Técnicas Peruanas, un procesamiento estadístico minucioso y un análisis y discusión válidos. De esta manera se puede concluir los resultados para dar satisfacer y cumplir con lo establecido en los objetivos planteados y generar conclusiones y recomendaciones válidas para aplicar el conocimiento generado en la posible solución de la problemática que dio origen a la investigación.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se determino las propiedades físicas de la madera de *Terminalia amazonia* encontrándose una densidad básica de $0,60 \text{ g.cm}^{-3}$, un contenido de humedad máxima de la madera de 55,09 %. y una contracción 10,28 %, la Relación CT/CR fue de 2,12.

Se determino las propiedades mecánicas de la madera de *Terminalia amazonia*, obteniéndose para flexión estática un MOR de 1516 kg/cm^2 , un MOE de $448\ 104 \text{ kg/cm}^2$ y un ELP $1\ 330 \text{ kg/cm}^2$; para la compresión paralela un MOR 521 kg/cm^2 , un MOE de 50407 kg/cm^2 y un ELP 443 kg/cm^2 ; para la resistencia al cizallamiento MOR de 136 kg/cm^2 ; para la compresión perpendicular un MOR de 146 kg/cm^2 ; para la dureza transversal 893 kg/cm^2 , para la dureza radial 633 kg/cm^2 y para la dureza tangencial 609 kg/cm^2 .

Se propuso como uso más probable y recomendable de la madera de *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell, de acuerdo a sus propiedades físicas y mecánicas en estructuras, para elementos como vigas, columnas, durmientes y cerchas; así mismo, su uso en piezas y partes de herramientas, y con un secado adecuado en carpintería de obra, interiores y pisos; sin embargo, está limitado su uso para carpintería, ebanistería e inclusive para carpintería industrial, lo mismo que para carrocerías.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda a las empresas dedicadas a la carpintería, construcción, depósitos de comercialización de madera considerar dentro de su stock, madera de la especie *Terminalia amazonia* por tener buenas propiedades físico mecánicas que le permiten utilizarse en diversas aplicaciones.

Se recomienda a la Escuela de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Cajamarca promover la investigación en la especie *Terminalia amazonia* en propagación sexual y cultivos invitros para implementar el conocimiento de la misma y promover su uso en programas de reforestación, en la industrialización de la madera, para potenciar el desarrollo forestal regional.

Se recomienda a los estudiantes de Ingeniería Forestal realizar investigación en anatomía de la madera, trabajabilidad de la madera y secado y preservado para complementar una ficha técnica que sirva de guía para el uso industrial de la madera por empresas e instituciones.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca-Alvarado, M. M. (2021). *Propiedades, secado, trabajabilidad y control genético de la madera de nueve clones de Swietenia macrophylla de 8 años, Sarapiquí, Costa Rica*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal . Cartago, Costa Rica: Repositorio TEC.
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/12406/TFG_Maureen_Abarca_Alvarado.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Alvarado Ugsiña, J. M. (2021). *Determinación de las propiedades físicas y químicas de la madera de cinco especies forestales procedentes de la parroquia Multitud, cantón Alausí, provincia de Chimborazo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales. Riobamba, Ecuador: Respositorio Intitucional ESPOCH. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/15891>
- Baldeon Suarez, B. A. (2022). *Propiedades mecánicas y aptitud de uso de la madera Cedrelinga cateniformis (tornillo) con 15 años de edad proveniente de un sistema agroforestal con Theobroma cacao*. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Yarinacocha, Perú: Repositorio Institucional UNIA. <https://api-repositorio.unia.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b7f9652a-357a-45f8-94d5-e64e0d2b0533/content>
- Bravo Campos, E. (2014). *Germinación de semilla botánica de terminalia amazonia (J.F. Gmel.) Exell, utilizando cinco tratamientos pregerminativos*. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias. Jaén, Perú: Repositorio Institucional UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/392>
- Bustos Bolaños, J. J. (2020). *Propiedades físicas, mecánicas y trabajabilidad de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden procedente de la estación experimental La Favorita, Santo Domingo de los Tsachilas*. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Ibarra, Ecuador: Repositorio Digital UTN.

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10120/2/03%20FOR%20293%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Cajo López, J. A. (2022). *Determinación de densidad básica de tres especies forestales maderables del área de conservación municipal "Bosque Huamantanga" utilizando método indirecto, Jaén - Cajamarca*. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias . Jaén, Perú: Repositorio Institucional UNC.

<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5252>

Campos Barreton, M. F. (2021). *Anatomía y Propiedades Físico Mecánicas de Polylepis sp. en plantaciones de ladera - Colpar, Quilcas, Huancayo*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. Huancayo, Perú: Repositorio Institucional UNCP.

https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6920/T010_46769113_T.pdf?sequence=1

Campos Wellmann, A. C. (2015). *Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de Pinus maximinoi H. E. Moore; Cobán, Alta Verapaz*. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Guatemala: Repositorio Institucional URL.

<http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/22/Campos-Christian.pdf>

Ccayanchira Venegas, F. M., & Reyes Martínez, M. C. (2019). *Anatomía, propiedades físico-mecánicas, químicas y potencial dendrocronológico de Cedrela odorata L. y Terminalia oblonga (Ruiz & Pav.) Centro Anapiari, Pichanaki - Junín*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. Huancayo, Perú: Repositorio Institucional UNCP.

https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5587/T010_61506860_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Céspedes Medina, J. A., & Gaitán Rivera, J. N. (2020). *Caracterización de las propiedades físico-mecánicas de las especies de madera de acacia, eucalipto y pino caribe*. Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Civil . Villavicencio, Colombia: Repositorio Institucional.

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21701/2020jeniffercespedes?sequence=4&isAllowed=y>

- Chagna Ávila, E. J. (2020). *Propagación vegetativa de Terminalia amazonia (J.F. Gmel.) Exell, en el sector de Cachaco, provincia de Imbabura*. Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Ibarra, Ecuador: Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10359/2/03%20FOR%20298%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Chicaiza Aucancela, M. R. (2022). *Comparación de las propiedades físicas y mecánicas entre las especies arbóreas estudiadas: Platuquero, Pino Caribe y Pino Patula*. Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería. Riobamba, Ecuador: Repositorio Digital UNACH. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/8879/1/1.%20Tesis%20Final.pdf>
- Chuquimango Guerrero, A. (2020). *Evaluación de la madera eucalipto con fines estructurales, Chalarmarca (sector tierra negra), Chota, 2018*. Universidad Nacional Autónoma de Chota, Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Chota, Perú: Repositorio Institucional UNACH . <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/173>
- Chura Quispe, N. S., & Muchica Sillo, J. (2021). *Factibilidad del uso de la madera Pinus radiata como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno*. Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Juliaca, Perú: Repositorio Institucional UPEU. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/4354/Nelson_Tesis_Licenciatura_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Davila Garcia, V. P. (2020). *Propiedades físicas básicas de la madera de Pterygota amazónica LO Williams ex Dorr (paujil ruro) y su variabilidad en los tres niveles longitudinales del Fuste, proveniente de la Sub Cuenca Shahuanya – distrito de Masisea – provincia de Coronel Portillo*. Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Pucallpa, Perú: Repositorio Institucional UNU. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4214/UNU_FORESTAL_2020_T_VERITA-DAVILA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Fasanando Gonzales, K. V. (2023). *Influencia de los niveles del fuste en las propiedades físicas de la madera de marupa (Simarouba amara Aubl.) de una plantación de 11 años de edad en Pucallpa*. Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales . Pucallpa, Perú: Repositorio Institucional UNU .
http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/6055/B3_2023_UNU_FORES_TAL_2023_T_KORI-FASANANDO_V1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Feijoo, C., Espinoza, F., Cueva, M., Hidalgo, F., Ramón, D., Jumbo, J., . . . Pucha-Cofrep, D. (2019). Propiedades físicas y características anatómicas de la madera de *Cinchona officinalis* (L.) Ruiz y *Cinchona macrocalyx* Pav. ex DC en relictos boscosos al sur de Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 9(1), 94-109.
<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/590/528>
- Fernández Zárate, F. H. (2018). *Propiedades organolépticas, físicas y mecánicas de la madera de Cordia alliodora (R. y P.) Oken de parcelas agroforestales en Jaén, Cajamarca*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Jaén, Facultad de Ingeniería Forestal y Ambiental, Jaén, Perú.
- Majofesa. (2017). *Tipos de madera, clasificación y características*.
<https://www.majofesa.com/maderas-tipos-y-caracteristicas/#:~:text=La%20madera%20es%20un%20material,le%20proporcion a%20rigidez%20y%20dureza.>
- Mansilla Gómez, K. (2020). *Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de la madera Eucalyptus glóbulus procedente de la localidad de Ollantaytambo, en estado seco tratado con aceite de linaza por inmersión prolongada para uso estructural*. Universidad Andina del Cusco, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Cusco, Perú: Repositorio Digital UAC.
https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/3599/Katherin_Tesis_bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mier Simental, D. (2013). *Aplicaciones de la Madera en Ingeniería*. México: Instituto Politecnico Nacional. <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/16921/1/25-1-16554.pdf>
- Navarro Peñaherrera, C. P., & Sánchez Dahua, J. L. (2021). *Análisis de las propiedades mecánicas de la madera de eucalipto (Eucalyptus), provenientes de la provincia de*

Tungurahua y su factibilidad como material estructural de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 (NEC 2015). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Ambato, Ecuador: Repositorio Institucional UTA.

<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33541/1/Tesis%20I.%20C.%201523%20-%20S%c3%a1nchez%20Dahua%20Jos%c3%a9%20Luis.pdf>

Ordoñez García, P. K., & Lugo Chávez, Y. K. (2016). *Estructuras de madera aplicada al sector de la construcción en Perú*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Lima, Perú: Repositorio Institucional PUCP. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6834/ORDO%20C3%91EZ_PATRICIA_LUGO_YESSENIA_ESTRUCTURAS_MADERA_APLICADAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pérez Concha, R. J. (2017). *Propagación por acodo aéreo de Terminalia amazonia (J. F. Gmel) Exell, usando tres concentraciones de auxinas*. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias. Jaén, Perú: Repositorio Institucional UNC. https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1719/T016_41965314_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rubio Esteban, Y. A. (2019). *Análisis de densidad básica de la madera de Pona (Socratea Exorrhiza) y su categorización dentro de los grupos de la madera de acuerdo a la norma E.010, en el Valle del Monzón, provincia de Huamalíes, departamento de Huánuco - 2019*. Universidad de Huánuco, Facultad de Ingeniería. Huánuco, Perú: Repositorio Institucional UDH. <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/3118>

Ruíz Castillo, J. P. (2020). *Propiedades físicas, mecánicas y trabajabilidad de fresno (Fraxinus americana L.) proveniente de la estación experimental "La Favorita", Santo Domingo de los Tsáchilas*. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Ibarra, Ecuador: Repositorio Institucional UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10121/2/03%20FOR%20294%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

- Silva Gonzáles, L. E. (2021). *Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera Polylepis Multijuga, Olmos Alto, Lajas, Chota*. Universidad Autónoma de Chota, Facultad de Ciencias de la Ingeniería . Chota, Perú: Repositorio Institucional UNACH . <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/206>
- Suasnabar Berrospi, C., & Monge Davila, W. K. (2019). *Características anatómicas y propiedades físico - mecánicas de tres especies forestales, iscozacín, Oxapampa – Pasco*. Universidad Nacional del Centro del Perú , Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. Huancayo, Perú: Repositorio Institucional UNCP. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5192/T010_N%c2%b072551964_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Acevedo Veli, R. J. y Mendoza Rivera, R. H. (2023). Características anatómicas y propiedades físico - mecánicas de dos especies forestales provenientes del distrito de Raimondi, Atalaya – Ucayali [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. DSpace Principal. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/10885>
- Cartuche Peralta, K. M. (2022). Caracterización de la madera de 95 especies forestales del sur de Ecuador con base a sus propiedades físicas, organolépticas y anatómicas [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio Digital UNL. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/24554>
- Confederación Peruana de la Madera. (2008). Compendio de Información Técnica de 32 Especies Forestales – Tomo II. CITEMadera. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1458597/2.%20Compendio%20de%20informaci%C3%B3n%20tecnica%20de%2032%20especies%20Forestales%20Tomo%20II.pdf.pdf>
- Rodríguez Sánchez, L. (2012). Roble Coral (*Terminalia amazonia*). Finca Leola S.A. <http://www.fincaleola.com/roble%20coral%20espanol.htm>
- Sotomayor Castellanos, J. R., Herrera Ferreyra, M. A. y Cruz de León, J. (2003). Clasificación mecánica de la madera de 100 especies mexicanas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. <https://www.fao.org/4/XII/1054-B4.htm>

Holystone . (2021). *Terminalia amazonia* - Papaliza. Holystone Group, 4.
<https://holystonegroup.com/maderas/terminalia-amazonia-papaliza/>

Vinueza, M. (10 de enero de 2013). Ficha Técnica N°: Terminalias (s). EcuadorForestal,
11. <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-11-terminalia-s/>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia de la investigación

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
	General:			
	Determinar las propiedades físicas, mecánicas y usos probables de la madera de <i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell, San Ignacio, Perú 2023.	General: Es posible determinar las propiedades físicas y mecánicas y usos probables de la madera de <i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell,		Tipo de investigación Aplicada, descriptiva no experimental.
General: ¿Cuáles son las propiedades físicas, mecánicas y usos probables de la madera de <i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell, San Ignacio, Perú 2023?	Específicos: Determinar las propiedades físicas de densidad básica, humedad de la madera y contracción de la madera de <i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell. Determinar las propiedades mecánicas de resistencia a la flexión estática, compresión paralela y perpendicular a la fibra, cizallamiento y dureza de la madera de <i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell Proponer el uso más probable y recomendable de la madera de <i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell, de acuerdo a sus propiedades físicas y mecánicas.	siguiendo la metodología establecida en las normas técnicas peruanas NTP.	Propiedades físicas de la madera Propiedades mecánicas de la madera	Población Árboles de <i>Terminalia amazonia</i> . Población infinita. Muestra Número de árboles según NTP 251.008 Técnica Observación directa Instrumentos Fichas guía de recolección de datos según NTP.

Anexo 2. Inventario de árboles de *Terminalia amazonia* para la obtención de la muestra

N°	Este	Norte	Altitud (m)	DAP (m)	HC (m)	HT (m)	Área basal (m ²)	Volumen (m ³)
1	730787	9438016	1230	0,38	10	15	0,111	0,720
2	730732	9437994	1234	0,31	10	16	0,075	0,487
3	730703	9437985	1225	0,43	6	12	0,145	0,566
4	730686	9437968	1217	0,30	10	16	0,070	0,457
5	730674	9437912	1235	0,33	8	13	0,086	0,448
6	730639	9437920	1224	0,31	15	19	0,073	0,715
7	730623	9437949	1209	0,42	18	23	0,139	1,622
8	730549	9437967	1224	0,46	10	17	0,167	1,088
9	730469	9437970	1221	0,52	7	13	0,209	0,950
10	730368	9438067	1208	0,34	15	20	0,093	0,905
11	730588	9438090	1202	0,32	14	19	0,081	0,739
12	730619	9438056	1211	0,56	20	26	0,246	3,204
13	730650	9438032	1204	0,44	8	14	0,154	0,800
14	730688	9438067	1206	0,42	12	18	0,137	1,065
15	730712	9438035	1220	0,41	6	11	0,132	0,516
16	730713	9437985	1226	0,34	9	15	0,089	0,523
17	730688	9437957	1213	0,32	11	17	0,078	0,558
18	730540	9437945	1219	0,53	12	18	0,222	1,731
19	730350	9438106	1205	0,41	14	19	0,132	1,205
20	730608	9438116	1215	0,49	10	15	0,186	1,211
21	730659	9438057	1212	0,31	9	14	0,076	0,447
22	730696	9438036	1218	0,46	12	17	0,165	1,287
23	730721	9438033	1222	0,39	13	19	0,117	0,985
24	730780	9438016	1241	0,32	6	11	0,078	0,304
25	730726	9437997	1235	0,55	9	14	0,235	1,377
26	730685	9437960	1230	0,69	12	15	0,375	2,923
27	730636	9437929	1263	0,51	12	16	0,204	1,589
28	730614	9437953	1243	0,25	11	16	0,050	0,355
29	730538	9437936	1232	0,82	14	18	0,534	4,858
30	730338	943877	1219	0,65	7	14	0,334	1,522
31	730594	9438093	1209	0,54	10	14	0,230	1,495
32	730623	9438055	1208	0,67	13	16	0,348	2,937
33	730685	9438072	1213	0,66	11	19	0,344	2,462

Anexo 3. Datos de la medición de probetas para propiedades de la madera de

Terminalia amazonia en laboratorio

N.º	código	Húmedo				Seco			
		Peso	L. tangencial	L. radial	L. longitudinal	Peso	L. tangencial	L. radial	L. longitudinal
1	M1 - 1	89,45	31,75	28,43	110,80	59,66	30,29	27,89	110,02
2	M1 - 2	82,67	32,24	28,74	110,21	54,12	30,09	28,14	109,43
3	M1 - 3	87,1	31,94	28,84	100,62	54,72	30,20	27,76	99,8
4	M1 - 4	87,8	30,44	28,87	101,83	56,48	29,95	27,88	100,32
5	M1 - 5	87,4	32,83	29,10	110,20	55,82	31,47	28,43	109,44
6	M1 - 6	88,63	30,83	27,81	93,72	59,83	29,24	26,79	92,4
7	M1 - 7	85,37	30,25	29,00	102,49	56,19	29,00	28,36	101,92
8	M1 - 8	85,95	31,98	29,38	100,33	54,65	30,73	28,78	99,07
9	M1 - 9	91,45	32,82	28,80	100,30	60,45	30,89	28,57	97,17
10	M1 - 10	79,40	31,31	29,18	110,30	57,14	29,68	28,40	99,82
11	M2 - 1	89,79	33,59	28,79	101,72	58,00	30,82	28,36	100,21
12	M2 - 2	88,72	31,29	28,85	100,33	58,55	29,30	28,11	99,46
13	M2 - 3	81,96	32,33	28,70	96,49	55,28	30,20	27,89	95,83
14	M2 - 4	86,27	31,51	29,76	109,98	59,12	30,10	29,22	108,9
15	M2 - 5	89,09	30,95	27,22	110,55	57,92	29,13	26,51	109,7
16	M2 - 6	91,78	31,86	29,26	100,25	60,57	30,97	28,53	99,29
17	M2 - 7	88,91	30,52	28,41	89,13	52,20	29,80	27,89	88,47
18	M2 - 8	89,25	31,68	30,89	113,70	58,56	29,74	30,25	112,53
19	M2 - 9	82,66	31,49	30,50	114,61	50,55	29,89	29,84	113,82
20	M2 - 10	86,07	30,20	29,30	97,72	58,40	29,77	28,67	96,4
21	M3 - 1	86,41	30,59	29,23	111,2	52,94	29,23	28,35	110,42
22	M3 - 2	92,31	32,45	29,54	110,61	61,96	30,99	28,94	109,83
23	M3 - 3	88,73	30,78	29,64	101,02	56,50	29,40	29,00	100,2
24	M3 - 4	84,99	31,24	29,67	102,23	53,87	29,89	28,89	100,72
25	M3 - 5	89,21	31,69	29,9	110,6	55,48	30,12	29,13	109,84
26	M3 - 6	85,32	30,41	28,61	94,12	51,89	29,54	27,78	92,8
27	M3 - 7	90,84	32,25	29,80	102,89	57,49	31,28	28,97	102,32
28	M3 - 8	87,13	31,36	30,18	100,73	54,75	30,03	29,48	99,47
29	M3 - 9	91,87	31,97	29,6	100,7	60,99	30,57	28,67	97,57
30	M3 - 10	89,85	30,87	29,98	110,7	58,34	29,97	29,05	100,22
31	M4 - 1	83,76	31,54	29,59	102,12	60,71	30,00	28,96	100,61
32	M4 - 2	87,59	30,62	29,65	100,73	57,89	29,11	28,98	99,86
33	M4 - 3	84,92	31,51	29,5	96,89	51,42	29,74	28,87	96,23
34	M4 - 4	86,37	31,11	30,56	100,38	52,80	29,97	30,01	99,3
35	M4 - 5	88,09	31,09	28,02	100,95	60,00	29,43	27,45	100,1
36	M4 - 6	84,74	31,44	30,06	100,65	51,29	29,87	29,12	99,69
37	M4 - 7	89,5	31,21	29,21	89,53	59,73	30,01	28,86	88,87
38	M4 - 8	90,66	31,99	31,69	100,84	61,17	31,15	30,94	99,27
39	M4 - 9	87,43	30,88	31,42	86,6	58,24	29,23	30,42	85,54
40	M4 - 10	86,44	31,42	30,1	98,12	61,57	29,54	29,27	97,8
41	M5 - 1	91,12	32,07	30,19	100,62	56,65	30,42	29,08	98,61

42	M5 - 2	85,69	30,25	30,25	99,23	52,18	28,89	29,48	97,86
43	M5 - 3	88,48	31,07	30,1	95,39	53,82	30,02	29,27	94,23
44	M5 - 4	87,32	31,47	31,16	103,88	57,26	30,01	30,05	101,3
45	M5 - 5	90,1	31,89	28,62	99,45	61,80	30,12	28,01	98,1
46	M5 - 6	82,31	31,28	30,66	99,15	56,03	29,87	29,94	97,69
47	M5 - 7	85,19	31,74	29,81	88,03	51,44	29,95	29,16	86,87
48	M5 - 8	83,75	31,61	32,29	102,6	54,37	29,58	31,00	101,93
49	M5 - 9	89,2	31,08	32,02	103,51	53,45	29,58	31,72	102,22
50	M5 - 10	87,35	31,28	30,7	96,62	53,81	29,77	30,11	94,8

L= Longitud

Anexo 4. Datos obtenidos de las probetas para la determinación de las propiedades físicas de la madera de *Terminalia amazonia*

Nº	Código	Peso húmedo	Peso seco	DLH	DLS	DTH	DTS	DRH	DRS	V.H.	V.S.	DB	DA	DV	CHbs	CHbh	CL	CT	CR	CV	CT/CR
1	M1 - 1	89,45	59,66	110,80	110,02	31,75	30,29	28,43	27,89	100,01	92,95	0,60	0,64	0,89	49,93	33,30	0,70	4,59	1,90	7,06	2,42
2	M1 - 2	82,67	54,12	110,21	109,43	32,24	30,09	28,74	28,14	102,12	92,68	0,53	0,58	0,81	52,75	34,53	0,71	6,66	2,08	9,24	3,21
3	M1 - 3	87,10	54,72	100,62	99,80	31,94	30,20	28,84	27,76	92,69	83,68	0,59	0,65	0,94	59,17	37,18	0,81	5,45	3,73	9,72	1,46
4	M1 - 4	87,80	56,48	101,83	100,32	30,44	29,95	28,87	27,88	89,49	83,77	0,63	0,67	0,98	55,45	35,67	1,48	1,61	3,43	6,39	0,47
5	M1 - 5	87,40	55,82	110,20	109,44	32,83	31,47	29,10	28,43	105,28	97,92	0,53	0,57	0,83	56,57	36,13	0,69	4,14	2,30	7,00	1,80
6	M1 - 6	88,63	59,83	93,72	92,40	30,83	29,24	27,81	26,79	80,35	72,39	0,74	0,83	1,10	48,14	32,49	1,41	5,15	3,67	9,91	1,40
7	M1 - 7	85,37	56,19	102,49	101,92	30,25	29,00	29,00	28,36	89,91	83,82	0,62	0,67	0,95	51,93	34,18	0,56	4,13	2,21	6,77	1,87
8	M1 - 8	85,95	54,65	100,33	99,07	31,98	30,73	29,38	28,78	94,27	87,61	0,58	0,62	0,91	57,27	36,42	1,26	3,92	2,04	7,06	1,92
9	M1 - 9	91,45	60,45	100,30	97,17	32,82	30,89	28,80	28,57	94,81	85,76	0,64	0,70	0,96	51,28	33,90	3,12	5,87	0,80	9,54	7,35
10	M1 - 10	79,40	57,14	110,30	99,82	31,31	29,68	29,18	28,40	100,77	84,15	0,57	0,68	0,79	38,96	28,04	9,50	5,20	2,67	16,50	1,94
	Promedio	86,52	56,91	104,08	101,94	31,64	30,16	28,82	28,10	94,97	86,47	0,60	0,66	0,92	52,15	34,18	2,02	4,67	2,48	8,92	2,38
	D.S.	3,275	2,197	5,605	5,580	0,867	0,711	0,417	0,536	7,011	6,627	0,059	0,068	0,089	5,498	2,482	2,593	1,304	0,869	2,848	1,784
	C.V. (%)	3,79	3,86	5,38	5,47	2,74	2,36	1,45	1,91	7,38	7,66	9,83	10,22	9,68	10,54	7,26	128,11	27,92	34,98	31,94	74,85
11	M2 - 1	89,79	58,00	101,72	100,21	33,59	30,82	28,79	28,36	98,37	87,58	0,59	0,66	0,91	54,81	35,40	1,48	8,26	1,49	10,97	5,53
12	M2 - 2	88,72	58,55	100,33	99,46	31,29	29,30	28,85	28,11	90,57	81,92	0,65	0,71	0,98	51,53	34,01	0,87	6,36	2,56	9,55	2,48
13	M2 - 3	81,96	55,28	96,49	95,83	32,33	30,20	28,70	27,89	89,53	80,73	0,62	0,68	0,92	48,26	32,55	0,68	6,59	2,81	9,83	2,34
14	M2 - 4	86,27	59,12	109,98	108,90	31,51	30,10	29,76	29,22	103,13	95,79	0,57	0,62	0,84	45,92	31,47	0,98	4,46	1,81	7,12	2,46
15	M2 - 5	89,09	57,92	110,55	109,70	30,95	29,13	27,22	26,51	93,13	84,70	0,62	0,68	0,96	53,82	34,99	0,77	5,89	2,61	9,05	2,26
16	M2 - 6	91,78	60,57	100,25	99,29	31,86	30,97	29,26	28,53	93,46	87,72	0,65	0,69	0,98	51,53	34,01	0,96	2,80	2,49	6,14	1,12
17	M2 - 7	88,91	52,20	89,13	88,47	30,52	29,80	28,41	27,89	77,28	73,53	0,68	0,71	1,15	70,33	41,29	0,74	2,36	1,83	4,86	1,29
18	M2 - 8	89,25	58,56	113,70	112,53	31,68	29,74	30,89	30,25	111,27	101,22	0,53	0,58	0,80	52,41	34,39	1,03	6,13	2,07	9,02	2,96
19	M2 - 9	82,66	50,55	114,61	113,82	31,49	29,89	30,50	29,84	110,08	101,52	0,46	0,50	0,75	63,52	38,85	0,69	5,09	2,15	7,78	2,36
20	M2 - 10	86,07	52,20	97,72	96,40	30,20	29,77	29,30	28,67	86,47	82,27	0,60	0,63	1,00	64,89	39,35	1,35	1,42	2,16	4,86	0,66
	Promedio	87,45	56,30	103,45	102,46	31,54	29,97	29,17	28,53	95,33	87,70	0,60	0,65	0,93	55,70	35,63	0,96	4,94	2,20	7,92	2,35
	D.S.	3,167	3,490	8,380	8,332	0,954	0,584	1,051	1,069	10,596	9,194	0,064	0,068	0,114	7,890	3,167	0,274	2,158	0,417	2,127	1,333
	C.V. (%)	3,62	6,20	8,10	8,13	3,03	1,95	3,60	3,75	11,11	10,48	10,74	10,48	12,25	14,17	8,89	28,68	43,70	18,95	26,87	56,82
21	M3 - 1	86,41	52,94	111,20	110,42	30,59	29,23	29,23	28,35	99,43	91,50	0,53	0,58	0,87	63,22	38,73	0,70	4,45	3,01	7,97	1,48
22	M3 - 2	92,31	61,96	110,61	109,83	32,45	30,99	29,54	28,94	106,03	98,50	0,58	0,63	0,87	48,98	32,88	0,71	4,50	2,03	7,10	2,22

23	M3 - 3	88,73	56,50	101,02	100,20	30,78	29,40	29,64	29,00	92,16	85,42	0,61	0,66	0,96	57,04	36,32	0,81	4,49	2,16	7,31	2,08
24	M3 - 4	84,99	53,87	102,23	100,72	31,24	29,89	29,67	28,89	94,76	86,98	0,57	0,62	0,90	57,77	36,62	1,48	4,31	2,63	8,20	1,64
25	M3 - 5	89,21	55,48	110,60	109,84	31,69	30,12	29,90	29,13	104,80	96,37	0,53	0,58	0,85	60,80	37,81	0,69	4,95	2,58	8,04	1,92
26	M3 - 6	85,32	51,89	94,12	92,80	30,41	29,54	28,61	27,78	81,89	76,16	0,63	0,68	1,04	64,42	39,18	1,40	2,85	2,90	6,99	0,98
27	M3 - 7	90,84	57,49	102,89	102,32	32,25	31,28	29,80	28,97	98,88	92,72	0,58	0,62	0,92	58,01	36,71	0,55	3,01	2,79	6,23	1,08
28	M3 - 8	87,13	54,75	100,73	99,47	31,36	30,03	30,18	29,48	95,34	88,05	0,57	0,62	0,91	59,14	37,16	1,25	4,25	2,32	7,64	1,83
29	M3 - 9	91,87	60,99	100,70	97,57	31,97	30,57	29,60	28,67	95,29	85,51	0,64	0,71	0,96	50,63	33,61	3,11	4,38	3,14	10,26	1,39
30	M3 - 10	89,85	58,34	110,70	100,22	30,87	29,97	29,98	29,05	102,45	87,25	0,57	0,67	0,88	54,01	35,07	9,47	2,92	3,10	14,83	0,94
	Promedio	88,67	56,42	104,48	102,34	31,36	30,10	29,62	28,83	97,10	88,85	0,58	0,64	0,92	57,40	36,41	2,02	4,01	2,67	8,46	1,56
	D.S.	2,627	3,320	5,908	5,882	0,711	0,669	0,439	0,469	7,023	6,345	0,037	0,044	0,058	5,018	2,051	2,724	0,774	0,394	2,479	0,459
	C.V. (%)	2,96	5,88	5,65	5,75	2,27	2,22	1,48	1,63	7,23	7,14	6,43	6,91	6,37	8,74	5,63	135,07	19,29	14,77	29,30	29,50
31	M4 - 1	83,76	60,71	102,12	100,61	31,54	30,00	29,59	28,96	95,31	87,41	0,64	0,69	0,88	37,97	27,52	1,48	4,88	2,13	8,28	2,29
32	M4 - 2	87,59	57,89	100,73	99,86	30,62	29,11	29,65	28,98	91,45	84,24	0,63	0,69	0,96	51,30	33,91	0,86	4,93	2,26	7,88	2,18
33	M4 - 3	84,92	51,42	96,89	96,23	31,51	29,74	29,50	28,87	90,06	82,62	0,57	0,62	0,94	65,15	39,45	0,68	5,62	2,14	8,26	2,63
34	M4 - 4	86,37	52,80	100,38	99,30	31,11	29,97	30,56	30,01	95,43	89,31	0,55	0,59	0,91	63,58	38,87	1,08	3,66	1,80	6,42	2,04
35	M4 - 5	88,09	60,00	100,95	100,10	31,09	29,43	28,02	27,45	87,94	80,86	0,68	0,74	1,00	46,82	31,89	0,84	5,35	2,03	8,06	2,63
36	M4 - 6	84,74	51,29	100,65	99,69	31,44	29,87	30,06	29,12	95,12	86,71	0,54	0,59	0,89	65,22	39,47	0,95	4,99	3,13	8,84	1,60
37	M4 - 7	89,50	59,73	89,53	88,87	31,21	30,01	29,21	28,86	81,62	76,97	0,73	0,78	1,10	49,84	33,26	0,74	3,84	1,20	5,70	3,21
38	M4 - 8	90,66	61,17	100,84	99,27	31,99	31,15	31,69	30,94	102,23	95,67	0,60	0,64	0,89	48,21	32,53	1,56	2,63	2,37	6,41	1,11
39	M4 - 9	87,43	58,24	86,60	85,54	30,88	29,23	31,42	30,42	84,02	76,06	0,69	0,77	1,04	50,12	33,39	1,22	5,34	3,18	9,48	1,68
40	M4 - 10	86,44	61,57	98,12	97,80	31,42	29,54	30,10	29,27	92,80	84,56	0,66	0,73	0,93	40,39	28,77	0,33	5,98	2,76	8,87	2,17
	Promedio	86,95	57,48	97,68	96,73	31,28	29,80	29,98	29,29	91,60	84,44	0,63	0,68	0,95	51,86	33,91	0,97	4,72	2,30	7,82	2,15
	D.S.	2,160	4,081	5,331	5,233	0,385	0,573	1,069	0,972	6,037	5,832	0,064	0,070	0,072	9,793	4,218	0,374	1,033	0,603	1,240	0,599
	C.V. (%)	2,48	7,10	5,46	5,41	1,23	1,92	3,57	3,32	6,59	6,91	10,16	10,17	7,60	18,88	12,44	38,40	21,86	26,22	15,86	27,81
41	M5 - 1	91,12	56,65	100,62	98,61	32,07	30,42	30,19	29,08	97,42	87,23	0,58	0,65	0,94	60,85	37,83	2,00	5,14	3,68	10,46	1,40
42	M5 - 2	85,69	52,18	99,23	97,86	30,25	28,89	30,25	29,48	90,80	83,35	0,57	0,63	0,94	64,22	39,11	1,38	4,50	2,55	8,21	1,77
43	M5 - 3	88,48	53,82	95,39	94,23	31,07	30,02	30,10	29,27	89,21	82,80	0,60	0,65	0,99	64,40	39,17	1,22	3,38	2,76	7,19	1,23
44	M5 - 4	87,32	57,26	103,88	101,30	31,47	30,01	31,16	30,05	101,87	91,35	0,56	0,63	0,86	52,50	34,43	2,48	4,64	3,56	10,32	1,30
45	M5 - 5	90,10	61,80	99,45	98,10	31,89	30,12	28,62	28,01	90,77	82,76	0,68	0,75	0,99	45,79	31,41	1,36	5,55	2,13	8,82	2,60
46	M5 - 6	82,31	56,03	99,15	97,69	31,28	29,87	30,66	29,94	95,09	87,36	0,59	0,64	0,87	46,90	31,93	1,47	4,51	2,35	8,12	1,92
47	M5 - 7	85,19	51,44	88,03	86,87	31,74	29,95	29,81	29,16	83,29	75,87	0,62	0,68	1,02	65,61	39,62	1,32	5,64	2,18	8,91	2,59
48	M5 - 8	83,75	54,37	102,60	101,93	31,61	29,58	32,29	31,00	104,72	93,47	0,52	0,58	0,80	54,04	35,08	0,65	6,42	4,00	10,75	1,61

49	M5 - 9	89,20	53,45	103,51	102,22	31,08	29,58	32,02	31,72	103,01	95,91	0,52	0,56	0,87	66,88	40,08	1,25	4,83	0,94	6,89	5,15
50	M5 - 10	87,35	53,81	96,62	94,80	31,28	29,77	30,70	30,11	92,78	84,98	0,58	0,63	0,94	62,33	38,40	1,88	4,83	1,92	8,41	2,51
	Promedio	87,05	55,08	98,85	97,36	31,37	29,82	30,58	29,78	94,90	86,51	0,58	0,64	0,92	58,35	36,70	1,50	4,94	2,61	8,81	2,21
	D.S.	2,816	3,006	4,700	4,581	0,517	0,412	1,069	1,044	6,853	5,915	0,047	0,051	0,072	7,890	3,241	0,505	0,819	0,928	1,336	1,161
	C.V. (%)	3,23	5,46	4,75	4,71	1,65	1,38	3,50	3,51	7,22	6,84	8,07	8,02	7,80	13,52	8,83	33,63	16,57	35,60	15,16	52,60

DLH: dimensión longitudinal humedad en mm.

DLS: dimensión longitudinal seca en mm

DB: densidad básica g/cm³.

DTH: dimensión tangencial húmeda en mm.

DTS: dimensión tangencial seca en mm.

DA: densidad anhidra g/cm³.

DRH: dimensión radial humedad en mm.

V.H: volumen húmedo en cm³.

DV: densidad verde g/cm³.

DRS: dimensión radial seca en mm.

V.S: volumen seco en cm³.

CR: contracción radial %.

CHbs: contenido humedad base seca.

CL: contracción longitudinal %.

CV: contracción verde %.

CHbh: contenido humedad base humedad.

CT: contracción tangencial %.

CT/CR: relación de contracciones

Anexo 4.1. Consolidado de las propiedades físicas de los 5 árboles muestreados de *Terminalia amazonia*

Muestra	Estadístico	Densidad Básica (g/cm³)	Densidad Anhidra (g/cm³)	Densidad Verde (g/cm³)	Contracción Tangencial (%)	Contracción Radial (%)	Contracción Volumétrica (%)	Relación Ct/Cr	Max. Contenido De Humedad (%)
M1	X	0,60	0,66	0,92	4,67	2,48	8,92	2,38	52,15
	C.V.	9,83	10,22	9,68	27,92	34,98	31,94	74,85	10,54
M2	X	0,60	0,65	0,93	4,94	2,20	7,92	2,35	55,70
	C.V.	10,74	10,48	12,25	43,70	18,95	26,87	56,82	14,17
M3	X	0,58	0,64	0,92	4,01	2,67	8,46	1,56	57,40
	C.V.	6,43	6,91	6,37	19,29	14,77	29,30	29,50	8,74
M4	X	0,63	0,68	0,95	4,72	2,30	7,82	2,15	51,86
	C.V.	10,16	10,17	7,60	21,86	26,22	15,86	27,81	18,88
M5	X	0,58	0,64	0,92	4,94	2,61	8,81	2,21	58,35
	C.V.	8,07	8,02	7,80	16,57	35,60	15,16	52,60	13,52
Promedio	X	0,60	0,65	0,93	4,66	2,45	8,38	2,13	55,09
	C.V.	9,05	9,16	8,74	25,87	26,10	23,83	48,32	13,17

Anexo 5. Datos obtenidos de laboratorio de las probetas de la madera de *Terminalia amazonia* para propiedades mecánicas

Anexo 5.1. Datos de flexión de la madera de *Terminalia amazonia*

Propiedad mecánica de flexión estática									
Código	Carga (P) (kg)	Carga (Q) (kg)	Ancho(a) (cm)	Espesor (e) (cm)	Luz (cm)	Deformación (cm)	MOR (Kg/cm²)	MOE (Kg/cm²)	ELP (Kg/cm²)
M1 - 1 F	370	430	2,5	2,5	30	0,5	1 238,40	127 872	1065,60
M1 - 2 F	395	470	2,5	2,5	30	0,1	1 353,60	682 560	1 137,60
M3 - 1 F	520	620	2,5	2,5	30	0,2	1 785,60	449 280	1 497,60
M3 - 3 F	560	610	2,5	2,5	30	0,1	1 756,80	967 680	1 612,80
M4 - 1 F	580	620	2,5	2,5	30	0,2	1 785,60	501 120	1 670,40
M4 - 2 F	380	437	2,5	2,5	30	0,2	1 258,56	328 320	1 094,40
M5 - 1 F	462	526	2,5	2,5	30	0,5	1 514,88	159 622	1 330,19
M5 - 2 F	410	460	2,5	2,5	30	0,4	1 324,80	177 120	1 180,80
M6 - 1 F	450	530	2,5	2,5	30	0,3	1 526,40	259 200	1 296,00
M6 - 2 F	410	470	2,5	2,5	30	0,1	1 353,60	708 480	1 180,80
Promedio (kg/cm²)							1 489,82	436 125	1 306,62
Desviación estándar (kg/cm²)							218,39	279 550,67	217,71
Coefficiente de variabilidad (%)							14,66	64,10	16,66

Anexo 5.2. Datos de la comprensión paralela de la madera de *Terminalia amazonia*

Código	Carga (P) (kg)	Carga (Q) (kg)	Área (cm²)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Luz (cm)	Deformación (cm)	MOR (Kg/cm²)	MOE (Kg/cm²)	ELP (Kg/cm²)
M:01-1	15770	13404,5	25	5	5	20	0,1	630,80	107 236	536,18
M:01-2	14550	12367,5	25	5	5	20	0,2	582,00	49 470	494,70
M:03-1	11670	9919,5	25	5	5	20	0,1	466,80	79 356	396,78
M:03-2	13940	11849	25	5	5	20	0,2	557,60	47 396	473,96
M:04-1	11970	10174,5	25	5	5	20	0,4	478,80	20 349	406,98
M:04-2	11490	9766,5	25	5	5	20	0,1	459,60	78 132	390,66
M:05-1	12900	10965	25	5	5	20	0,3	516,00	29 240	438,60
M:05-2	13350	11347,5	25	5	5	20	0,4	534,00	22 695	453,90
M:06-1	11590	9851,5	25	5	5	20	0,3	463,60	26 271	394,06
M:06-2	12920	10982	25	5	5	20	0,2	516,80	43 928	439,28
Promedio (kg/cm²)								520,60	50 407,26	442,51
Desviación estándar (kg/cm²)								56,872	29 040,62	48,34
Coefficiente de variabilidad (%)								10,92	57,61	10,92

Anexo 5.3. Datos de la compresión perpendicular de la madera de *Terminalia amazonia*

Ensayo de compresión perpendicular					
Código	Carga de Ruptura (kg)	Ancho de placa	Ancho de madera	Área de contacto	ELP (Kg/cm²)
M:01-1	5 920	5	5	25	236,8
M:01-2	4 810	5	5	25	192,4
M:03-1	3 490	5	5	25	139,6
M:03-2	3 460	5	5	25	138,4
M:04-1	2 640	5	5	25	105,6
M:04-2	2 630	5	5	25	105,2
M:05-1	3 380	5	5	25	135,2
M:05-2	3 630	5	5	25	145,2
M:06-1	3 360	5	5	25	134,4
M:06-2	3 200	5	5	25	128,0
Promedio (kg/cm²)					146,08
Desviación estándar (kg/cm²)					39,96
Coefficiente de variabilidad (%)					27,35

Anexo 5.4. Datos de la dureza de la madera de *Terminalia amazonia*

Ensayo de Dureza (kg /cm²)			
Muestras	Transversal	Radial	Tangencial
M 01-1	1 050	810	830
M 01-2	1 090	930	740
M 03-1	900	680	740
M 03-2	870	580	530
M 04-1	960	370	470
M 04-2	950	820	570
M 05-1	830	580	460
M 05-2	780	470	480
M 06-1	790	570	550
M 06-2	710	520	720
Promedio (kg/cm²)	893,00	633,00	609,00
Desviación estándar (kg/cm²)	121,39	174,74	135,36
Coefficiente de variabilidad (%)	13,59	27,61	22,23

Anexo 5.5. Datos de cizallamiento de la madera de *Terminalia amazonia*

Ensayo de Cortante o cizallamiento			
Área de la falla (cm²)	Código	Carga de ruptura (kg)	MOR (Kg/cm²)
25	M:01-1	3400	136,0
25	M:01-2	4240	169,6
25	M:03-2	3510	140,4
25	M:03-3	3500	140,0
25	M:04-1	2520	100,8
25	M:04-2	4010	160,4
25	M:05-1	2800	112,0
25	M:05-2	2640	105,6
25	M:06-1	3070	122,8
25	M:06-2	4400	176,0
Promedio (kg/cm²)			136,36
Desviación estándar (kg/cm²)			26,40
Coefficiente de variabilidad (%)			19,36

Anexo 6. Ficha de identificación botánica de la especie de *Terminalia amazonia*

LEIWER FLORES FLORES
 ESPECIALISTA EN DENDROLOGÍA
 C.I.P. N° 56894
 Cel. 918217105
 Email: lflores@unc.edu.pe



LEIWER FLORES FLORES, CON REGISTRO C.I.P. N° 56894, ESPECIALISTA EN DENDROLOGÍA.

CERTIFICA:

Que, **Johnny Antony Sánchez Camacho**, con Código de Matricula N° 2017290033, de la Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela de Ingeniería Forestal – Sede Jaén, con fines de investigación de tesis, ha solicitado la identificación y certificación botánica de un árbol proveniente del distrito de San José de Lourdes, San Ignacio, conocido como “pangasina”. La muestra ha sido estudiada e identificada como *Terminalia amazonia* (JF Gmel.) Exell. Según la base de datos de W³Tropicos.org del Missouri Botanical Garden que utiliza el sistema moderno de clasificación de las angiospermas (APG IV). Comparado con el Sistema de Clasificación de Cronquist (1981), la especie identificada se ubica en las siguientes categorías taxonómicas:

Categorías -Clados	Sistema APG IV - 2016	Sistema Cronquist - 1981
División	Angiospermae	Magnoliophyta
Clase	Equisetosida	Magnoliopsida
Subclase	Magnoliidae	Rosidae
Superorden	Rosanae	...
Orden	Myrtales	Myrtales
Familia	Combretaceae	Combretaceae
Género	Terminalia	Terminalia
Especie	<i>Terminalia amazonia</i> (JF Gmel.) Exell.	<i>Terminalia amazonia</i> (JF Gmel.) Exell.

Jaén, 11 de marzo del 2023.

LEIWER FLORES FLORES
 Especialista en Dendrología
 C.I.P. N° 56894

Anexo 7. Ficha técnica de la especie

FICHA SILVICULTURAL

Terminalia amazonia (JF Gmel.) Exell.

Familia: COMBRETACEAE

Sinonimia. *Bucida angustifolia* DC., *Bucida buceras* var. *angustifolia* (DC.) Eichler, *Chunchoa obovata* Pers., *Chunchoa amazonia* JF Gmel. (Tropicos.org, 2025).

Nombres comunes. Siricuna (San Ignacio). Yacushapana, nogal amarillo, árbol del chuncho (Perú). Roble coral, amarillón, canxún, naranjo, volador, amarillo real, guayabo de charco (América Central y Panamá); sombrerete, tepesuchil (México) (Montero y Kanninen, 2005).

Descripción morfológica

Características de órganos vegetativos. Árbol dioico que alcanza hasta 30 m de altura en los bosques amazónicos y un diámetro de 1 a 1,20 m. El fuste es bastante recto, asimétrico y con frecuencia acanalado en el tercio basal, con gambas delgadas. Al inicio las ramas crecen horizontalmente y progresivamente el ápice asume la posición vertical. La corteza es delgada (1 cm de espesor), de color pardo grisáceo o amarillo grisáceo en el exterior y amarillo verdoso o pardo-amarillento en el interior, de textura fibrosa y sabor amargo. Hojas simples de obovadas a oblongo-oblanceoladas, de 4 a 13,6 x 3 a 6,3 cm, membranáceos o subcoriáceos, glabras o más o menos pilosas a lo largo de los nervios. Ápice de redondeado a corto-acuminado. Pecíolo de 2 a 15 mm (Más largo en hojas jóvenes). Son de color verde oscuro, brillante en el haz y verde claro y opaco en el envés (Bravo-Campos, (2014).

Características de órganos reproductivos. Las flores están agrupadas en inflorescencias racimosas con numerosas flores, de color amarillo, se originan en las axilas de los numerosos tallos cortos arrosados. Ubicadas en espigas cuando los árboles están brevemente sin hojas, en los meses más secos del año. Presenta frutos samaroides, de 0,5 a 2 x 0,5 a 1 cm, incluida el ala, secos, alados, de verde claro a pardos o de color amarillo a dorado. Son muy abundantes y en forma de mariposa con 2-3 alas endocarpo fibroso, 3 grandes y 2 pequeñas. Las semillas se encuentran en una cavidad circundada por él, con una cubierta seminal de color amarillo opaco (Bravo-Campos, 2014).

Distribución geográfica

La *Terminalia amazonia* crece en forma natural desde el Golfo de México en la vertiente Atlántica, hasta Venezuela, las Guayanas, Surinam, Trinidad y Tobago. En América Central se localiza en colinas de poca pendiente y llanuras costeras semipantanosas; en México se encuentra en el bosque perennifolio del litoral Atlántico (Montero y Kanninen, 2005).

Ecología de la especie

Clima. La *Terminalia amazonia* es sensible a períodos secos mayores a 4 meses. Crece desde los 40 a los 1200 m s. n. m., con precipitaciones de 2500 a 3000 mm y temperaturas superiores a los 28 °C, crece en una amplia gama de suelos (Solís y Moya, 2004). Las condiciones climáticas más favorables son, Bosque húmedo premontano, Bosque húmedo tropical y Bosque muy húmedo tropical (Montero y Kanninen, 2005).

Suelos. La *Terminalia amazonia* se adapta bien a suelos ultisoles y andisoles y no es sensitivo a suelos ácidos (Montero y Kanninen, 2005). En su ambiente natural crece en suelos con buen drenaje, desde moderadamente profundos (mayor a 60 cm) a profundos (Solís y Moya, 2004). Se encuentra en una gran variedad de suelos, incluyendo arenas, gravas, suelos volcánicos de tierras altas, arcillas de baja fertilidad y suelos calcáreos. Su crecimiento óptimo se da en suelos arcillosos a francos con pH de ácido a neutro (4 a 7).

Fisiografía

Es una especie dominante en los bosques amazónicos, y abundante en laderas de pendiente moderada y llanuras costeras semipantanosas, generalmente no se encuentra en zonas secas. No tolera suelos arcillosos pesados y compactados y es muy susceptible a la competencia con el pasto *Brachiaria*. Es sensible a periodos secos mayores a cuatro meses (Solís y Moya, 2004). Tolerancia a un gran rango de climas y altitudes, al plantarla es muy importante escoger una fuente de semillas apropiada. Si la semilla proviene de una zona seca posiblemente no crecerá bien en una zona húmeda, si es de una zona baja no crecerá bien a altitudes frías.

Usos de la especie

Es utilizado en la reforestación, agroforestería, madera para construcción, industria y la ornamentación, la madera es dura por eso tiene usos maderables (Orwa et al., 2009). La especie es utilizada en combinaciones con pasto - ganado y también se ha plantado asociado con café (Solís y Moya, 2004).

Costa Rica cuentan con parcelas demostrativas asociada con frutales (*Averrhoa carambola*, *Persea americana*, *Diospyros discolor* y *Chrysophyllum cainito*). Los frutales tuvieron un crecimiento normal y un estado sanitario satisfactorio y un buen crecimiento para *Terminalia amazonia*, en comparación con parcelas de monocultivo, o en condiciones de sombra en bosque secundario y, similar a parcelas asociadas con maíz en sistema "taungya".

Como uso industrial, la corteza es rica en taninos y puede utilizarse en el curtido de pieles (Solís y Moya, 2004).

Ficha silvicultural

Terminalia amazonia (JF Gmel.) Exell. "siricuna"

Manejo y almacenamiento de la semilla

Los árboles semilleros se ubican en rodales y tener un diámetro entre 40 y 70 cm, la mayor parte de los árboles con un diámetro superior están huecos. Los frutos deben estar bien maduros, las semillas de frutos inmaduros no germinan (Montero y Kanninen, 2005).

Luego de recolectar los frutos, se transportan en sacos de tela a bajo sombra y se extienden sobre lonas; durante dos días se secan al sol por periodos de 3 a 4 horas. Las semillas se frotran en zarandas para que desprendan las alas. Las semillas son ortodoxas y deben almacenarse en recipientes herméticos a 4 °C, con un contenido de humedad de 6 a 8 %.

Se recomienda escalar el árbol para recolectar los frutos, ya que recogerlos del suelo es muy lento y los frutos caídos son atacados por insectos. La producción varía de 4,6 a 6,0 kg de semillas por árbol. La semilla tiene un contenido de humedad inicial de 18 a 20 %. Se han reportado de 120 000 a 140 000 semillas / kg, una germinación de hasta 30 %. La germinación es epigea, se inicia a los 69 días de sembrada y termina a los 89 días.

Ensayos pre germinativos en *Terminalia amazonia*

De preferencia se debe realizar un almácigo para producir las plántulas de *Terminalia amazonia* y posteriormente trasplantarlas a las bolsas un mes después. La germinación, inicia alrededor de los dos meses y se completa un mes después en caso de que no sean vanas. Es indispensable que la semilla se plante superficialmente en las cámaras de germinación (Solís y Moya, 2004).

El semillero se puede hacer en eras o en los germinadores normales, hechos de madera con fondo de reglas de madera o cedazo. Como sustrato se utiliza una combinación de arena con tierra, arena con granza, aserrín con arena, en iguales proporciones. La mezcla arena con granza es la mejor opción. Sin embargo, señala que es necesario esterilizar el sustrato con el objetivo de eliminar cualquier foco de infección. Entre las alternativas de "curado" del sustrato están: Bromuro de Metilo (muy tóxico y con restricciones), Basamid, Formalina, cocinar la tierra ya sea en seco o mojado, extender la tierra bajo el sol y colocarle un plástico.

Las camas requieren sombra moderada y humedad constante para la germinación de las plántulas. El trasplante a las bolsas se realiza cuando aparecen el primer par de hojas verdaderas. En esta etapa es importante mantener las plantas bajo sombra alrededor de un mes.

Plagas y enfermedades de la especie

Algunas plantaciones puras de *Terminalia amazonia* presentan problemas de plagas durante las primeras etapas de desarrollo; principalmente el barrenador *Cossula* sp. El ataque provoca grandes deformaciones, lo que reduce la calidad y rendimiento de la madera. En una plantación pura establecida en la zona de Puerto Jiménez se podaron unos cuantos árboles, mientras que el resto del área no recibió poda. El resultado fue un ataque masivo del barrenador en todos los árboles podados, mientras que los árboles sin poda no tuvieron daño alguno. También es frecuente encontrar problemas de "gomosis" provocada por un virus, la cual causa debilitamiento del árbol y hasta su muerte. Si se poda un árbol atacado por este virus se puede dar una propagación masiva al resto de los árboles. Por su capacidad de

autopoda, no es necesario - ni conveniente- podar los árboles de *Terminalia amazonia*. Es mejor manejar la poda natural, que manejar una plaga en toda la plantación (Montero y Kanninen, 2005).

Si bien esta apreciación no se apoya en evidencia fundamentada estadísticamente en todo el territorio nacional, si es importante tomarla en cuenta para el manejo futuro.

Semilla y germinación

La semilla es una estructura en reposo, por lo regular está deshidratada, compuesto de tejido de reserva y rodeada por una cubierta esencialmente impermeable (Bidwell, 1993). Los procesos metabólicos están suspendidos o tienen lugar muy lentamente; la semilla está en condición de vida interrumpida, debido principalmente a su carencia de agua y oxígeno. El proceso de germinación consiste en la absorción de agua, la reactivación del metabolismo y la iniciación del crecimiento. Unas cuantas cubiertas seminales son tan impermeables al agua que necesitan condiciones extremas para germinar.

Los recursos de una planta para producir semillas son limitados, así que cierta cantidad de energía disponible para producirlas puede traducirse en un gran número de semillas pequeñas o en un gran número de semillas grandes (Vázquez, 1997).

En condiciones naturales, la distancia a la que se mueve la semilla con respecto a los árboles madre es limitada. Frecuentemente una gran cantidad de frutos o semillas cae dentro del área cubierta por la copa. Las semillas aladas y livianas son dispersadas más ampliamente por el viento y las semillas contenidas en frutos suculentos son dispersadas por aves y otros animales. La distancia de dispersión se puede medir en decenas o centenas de metros en vez de kilómetros (Jara, 1994).

Figura 1

Terminalia amazonia (JF Gmel.) Exell. (Fuste, ramita flora, flores)

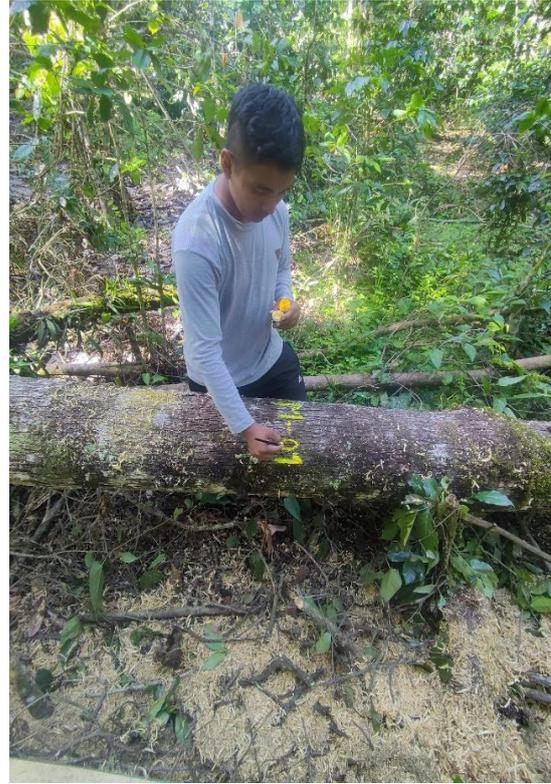


Referencias

Bidwell, S. (1993). Fisiología Vegetal. Edic. 2 en español. Edit. AG.T. Editor, S.A. México, D.F. 784 p.

- Bravo-Campos, E. (2014). Germinación de semilla botánica de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, utilizando cinco tratamientos pre germinativos. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal. Repositorio UNC.
- Montero, M; Kanninen, M. (2005). *Terminalia Amazonia*; Ecología y Silvicultura. Turrialba, Costa Rica. <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0472E/A0472E.PDF>
- Orwa C, A Mutua, Kindt R, Jamnadass R, S Anthony. (2009). Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0. <http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp>
- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. (2025). Manual de Plantas de Costa Rica. *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell. <http://legacy.tropicos.org/Name/8200207?projectid=66>. Consultada 24 abril 2025.
- Solís, M. Moya, R. (2004). *Terminalia amazonia* en Costa Rica. Costa Rica. http://www.fonafifo.com/text_files/proyectos/ManuaiTerminalia.pdf.
- Vázquez, Y. et al. (1997). Semillas. Edic. 1. Edit. Fondo de Cultura Económica S. R. México, DF. 250 p.

Anexo 8. Panel fotográfico



Fotos 1 y 2. Inventario y selección de árboles muestreados



Fotos 3 y 4. Medición y habilitado de muestreo en campo



Fotos 5 y 6. Elaboración de probetas en laboratorio para propiedades físicas y mecánicas



Fotos 7 y 8. Aclimatación y medición de probetas de propiedades físicas



Fotos 9 y 10. Pesado y secado de las probetas de propiedades físicas



Fotos 11 y 12. Ensayo de propiedades mecánicas de laboratorio



Fotos 13 y 14. Ensayo de propiedades mecánicas de laboratorio



Fotos 15 y 16. Medición y pesado de contenido de humedad de ensayo de probetas de propiedades mecánicas